

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 6 月 17 日 (17.06.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/051063 A1

(51) 国際特許分類<sup>7</sup>: F02C 7/24, F23R 3/02, F23M 13/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/015298

(22) 国際出願日: 2003 年 11 月 28 日 (28.11.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願2002-349745 2002 年 12 月 2 日 (02.12.2002) JP  
特願2002-349753 2002 年 12 月 2 日 (02.12.2002) JP  
特願2002-349763 2002 年 12 月 2 日 (02.12.2002) JP  
特願2002-349772 2002 年 12 月 2 日 (02.12.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒108-8215 東京都港区港南二丁目16番5号 Tokyo (JP).

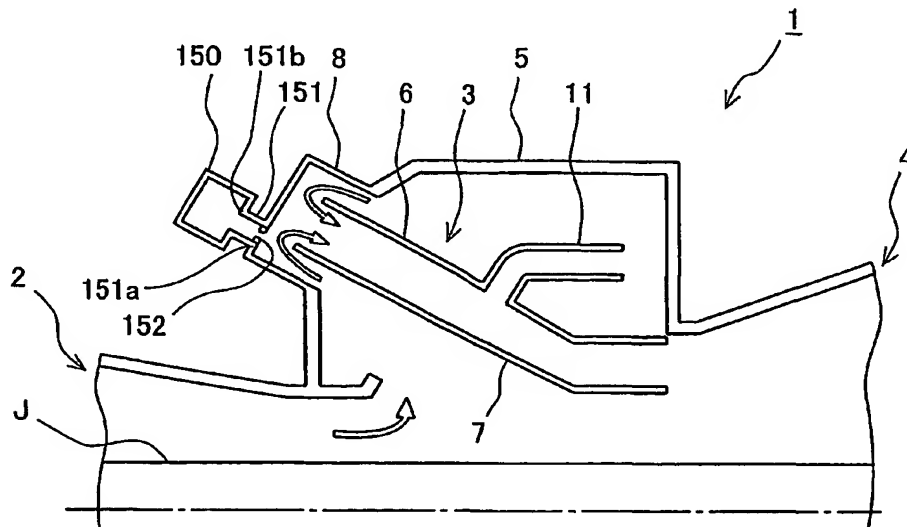
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 池田 和史 (IKEDA, Kazufumi) [JP/JP]; 〒676-8686 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号三菱重工業株式会社高砂研究所内 Hyogo (JP). 萬代重実 (MANDAI, Shigemi) [JP/JP]; 〒676-8686 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号三菱重工業株式会社高砂研究所内 Hyogo (JP). 川田 裕 (KAWATA, Yutaka) [JP/JP]; 〒676-8686 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号三菱重工業株式会社高砂研究所内 Hyogo (JP). 青山 邦明 (AOYAMA, Kuniaki) [JP/JP]; 〒676-8686 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号三菱重工業株式会社高砂研究所内 Hyogo (JP). 小野 正樹 (ONO, Masaki) [JP/JP]; 〒676-8686 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号三菱重工業株式会社高砂研究所内 Hyogo (JP). 田中 克則 (TANAKA, Katsunori) [JP/JP]; 〒676-8686 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号三菱重工業株式会社高砂製作所内 Hyogo (JP).

[続葉有]

(54) Title: GAS TURBINE COMBUSTOR, AND GAS TURBINE WITH THE COMBUSTOR

(54) 発明の名称: ガスタービン燃焼器、及びこれを備えたガスタービン



(57) Abstract: A gas turbine combustor (3) capable of reducing combustion vibration to stably reduce NOx, comprising a first box body (30) disposed on the outside of an objective body (20) having an inner tube (6), a tail tube (7), and a bypass duct (11) and forming a first internal space (31) of a specified volume and a first throat (32) of a specified length having one end (32a) opening to the side wall (20a) of the objective body (20) and the other end (32b) opening into the first internal space (31), wherein a first resistance body (33) having a large number of through-holes is fittedly inserted into one end (32a), fluid particles as vibration elements for the combustion vibration produced in a combustion area are effectively captured by the first resistance body (33) and resonated with air in the first internal space (31) connected thereto through the first throat (32) to vibrate near the first resistance body (33) so as to attenuate the amplitude of the vibration thereof.

[続葉有]



(74) 代理人: 佐野 静夫 (SANO, Shizuo); 〒540-0032 大阪府  
大阪市 中央区天満橋京町2-6 天満橋八千代ビル別  
館 Osaka (JP).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

(81) 指定国 (国内): CN, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 低NO<sub>x</sub>化を安定的に実現すべく、燃焼振動の低減が可能なガスタービン燃焼器を提供する。燃焼器(3)は、内筒(6)や尾筒(7)やバイパスダクト(11)といった対象体(20)の外側に配設されて所定容積の第1の内部空間(31)を形成する第1の箱体(30)と、一端(32a)が対象体(20)の側壁(20a)に開口するとともに、他端(32b)が第1の内部空間(31)に開口する所定長さの第1のスロート(32)と、を備え、一端(32a)に多数の貫通孔を有する第1の抵抗体(33)が挿嵌されている。燃焼領域で生じた燃焼振動の振動要素である流体粒子は、第1の抵抗体(33)に有効に捕捉されるとともに、第1のスロート(32)で連結された第1の内部空間(31)の空気と共鳴して、第1の抵抗体(33)付近で振動し、その振幅が減衰される。

## 明 細 書

ガスタービン燃焼器、及びこれを備えたガスタービン

技術分野

本発明は、ガスタービン燃焼器（以下「燃焼器」と記すことがある）、及びこれを備えたガスタービンに関し、特に、低 $\text{NO}_x$ （窒素酸化物）化を実現すべく燃焼振動を低減するガスタービン燃焼器、及びガスタービンに関する。

背景技術

従来よりガスタービンは、空気圧縮機（以下「圧縮機」と記すことがある）、燃焼器、及びタービンを主な構成要素とし、互いに主軸で直結された圧縮機とタービンの間に燃焼器が配設されてなり、作動流体となる空気が主軸の回転により圧縮機に吸入されて圧縮され、その圧縮空気が燃焼器に導入されて燃料とともに燃焼し、その高温高压の燃焼ガスがタービンに吐出されてタービンとともに主軸を回転駆動させる。このようなガスタービンは、主軸の前端に発電機等を接続することでその駆動源として活用され、また、タービンの前方に燃焼ガス噴射用の排気口を配設することでジェットエンジンとして活用される。

ところで、近年、法規制の根幹の1つをなす環境問題に対し、ガスタービンから排出される排気ガス中の特に $\text{NO}_x$ の低減化が強く望まれてきている。そのため、 $\text{NO}_x$ を実際に生成する燃焼器には、特に $\text{NO}_x$ の生成を抑える技術が要求され、これを達成すべく燃焼器に採用される燃焼方式として、燃料と圧縮空気を予め混合させた後に燃焼させるという予混合燃焼方式が主流となっている。この予混合燃焼方式では、燃料が圧縮空気中に均一かつ希薄の状態で分散することから、燃焼火炎温度の局所的な上昇を防止でき、これにより、燃焼火炎温度の上昇に伴って増加する $\text{NO}_x$ の生成量を低減することが可能となるわけである。

ここで、予混合燃焼方式の燃焼器を適用した従来より一般的なガスタービンについて、図47を参照しながら説明する。このガスタービン1は、大きくは、圧縮機2、ガスタービン燃焼器3、及びタービン4から構成されている。燃焼器3

は、圧縮機 2 とタービン 4 の間に形成された空洞を有する車室 5 に取り付けられており、燃焼領域を有する内筒 6、この内筒 6 の前端に連結された尾筒 7、内筒 6 と同心状に配設された外筒 8、内筒 6 の軸線上に後端から配設されたパイロットノズル 9、このパイロットノズル 9 の周囲に円周方向で等間隔に配設された複数のメインノズル 10、尾筒 7 の側壁に連結され車室 5 に開口するバイパスダクト 11、このバイパスダクト 11 に配設されたバイパス弁 12、このバイパス弁 12 の開閉度合いを調整するバイパス弁可変機構 13 より構成される（例えば、特開 2001-254634 号公報参照）。

このような構成のもと、圧縮機 2 で圧縮された圧縮空気は、車室 5 内に流入し（図中の白抜き矢印）、内筒 6 の外周面と外筒 8 の内周面とで形成される管状空間を経た後ほぼ 180 度反転して（図中の実線矢印）、内筒 6 内に後端側から導入される。次いで、パイロットノズル 9 の前端のパイロットバーナ（不図示）に燃料が噴射されて拡散燃焼するとともに、各メインノズル 10 の前端のメインバーナ（不図示）に噴射された燃料と混合して予混合燃焼し、高温高压の燃焼ガスとなる。この燃焼ガスは、尾筒 7 内を経由してその前端から吐出され、タービン 4 を駆動させる。なお、バイパスダクト 11 から尾筒 7 内へ、車室 5 内の圧縮空気の一部（以下「バイパス空気」と記すことがある）が供給されるが、これは、燃焼ガス濃度を調整する役割を果たす。

しかし、上記の予混合燃焼方式は一見低  $\text{NO}_x$  化に対して優れるが、火炎が薄く狭い範囲で短時間に燃焼するため、単位空間当たりの燃焼エネルギーが過大となり、燃焼振動が生じ易いという問題がある。この燃焼振動は、燃焼エネルギーの一部が振動エネルギーに変換されて発生するものであって、圧力波として伝播して燃焼器及びガスタービン等のケーシングからなる音響系と共鳴する場合、著しい振動や騒音を引き起こすだけでなく、燃焼器内に圧力変動や発熱変動を誘発させて燃焼状態が不安定になり、結果として低  $\text{NO}_x$  化を阻害してしまう。

このような燃焼振動の問題に対して、従来は、実際にガスタービンを運転させながら、正常な状態で稼動するよう適宜調整しつつ正規の運転条件を随時設定していた。そのため、煩雑な調整作業が不可欠であった。

また、燃焼振動の低減を図った従来の燃焼器として、内部に燃焼領域を有する

筒体である内筒や尾筒に、空洞を有する共鳴器が外周に環装されるとともに、この空洞に開口する吸音孔が形成されたものがある（例えば、特開 2002-174427 号公報（第 3-5 頁、第 1-3 図）参照）。この燃焼器によれば、燃焼領域で生じた燃焼振動の振動要素である流体粒子は、共鳴器内の空洞の空気と共鳴して、吸音孔を通じて振動し、その振幅が減衰される。こうして燃焼振動を低減することが可能となり、一応は低 NO<sub>x</sub> 化を実現できる。

しかし、上記したような燃焼振動の低減を図った従来の燃焼器は、そもそも燃焼振動が高周波数域のものであると想定しているため、高周波数域の燃焼振動に対しては有効である反面、低周波数域の燃焼振動に対しては十分に対応可能とはいえない。

#### 発明の開示

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、低 NO<sub>x</sub> 化を安定的に実現すべく、燃焼振動の低減が可能なガスタービン燃焼器、及びガスタービンを提供することを目的とするものである。更に、本発明の目的は、周波数域を問わず燃焼振動の低減が可能なガスタービン燃焼器、及びガスタービンを提供することにある。

上記目的を達成するため、本発明によるガスタービン燃焼器は、内部に燃焼領域を有する筒体よりなるガスタービン燃焼器において、前記筒体の外側に配設されて所定容積の第 1 の内部空間を形成する第 1 の箱体と、一端が前記燃焼領域又はその下流域に開口するとともに、他端が前記第 1 の内部空間に開口する所定長さの第 1 のスロートと、を備え、前記第 1 のスロートにおける前記一端に多数の貫通孔を有する第 1 の抵抗体が挿嵌されている。これにより、燃焼領域で生じた燃焼振動の振動要素である流体粒子は、第 1 の抵抗体に有効に捕捉されるとともに、第 1 のスロートで連結された第 1 の内部空間の空気と共鳴して、第 1 の抵抗体付近で振動し、その振幅が減衰される。こうして燃焼振動を低減することが可能となり、安定的な低 NO<sub>x</sub> 化を実現できる。ここで、第 1 のスロートの一端が開口する対象は、筒体を構成する内筒や尾筒、或いは筒体の側壁に連結されたバイパスダクトである。

また、上記目的を達成するため、本発明によるガスタービン燃焼器は、内部に燃焼領域を有する筒体よりなるガスタービン燃焼器において、前記筒体の外側に配設されて所定容積の内部空間を形成する箱体と、一端が前記燃焼領域よりも上流域に開口するとともに、他端が前記内部空間に開口する所定長さのスロートと、を備え、前記スロートにおける前記一端に多数の貫通孔を有する抵抗体が挿嵌されている。これにより、燃焼領域で生じた燃焼振動の振動要素である流体粒子は、抵抗体に有効に捕捉されるとともに、スロートで連結された箱体の内部空間の空気と共鳴して、抵抗体付近で振動し、その振幅が減衰される。こうして燃焼振動を低減することが可能となり、安定的な低 $\text{NO}_x$ 化を実現できる。ここで、スロートの一端が開口する対象は、筒体を構成する内筒、或いは内筒と同心状に配設された外筒である。

また、上記目的を達成するための本発明によるガスタービンは、互いに主軸で直結された空気圧縮機及びタービンと、これら空気圧縮機とタービンの間で前記主軸に対して同一円周上に配設され、各々内部に燃焼領域を有する筒体よりなる複数のガスタービン燃焼器と、を備えたガスタービンにおいて、前記主軸と同軸状で前記各筒体における後端の外側に配設された第1の環状管体と、各一端が前記各燃焼領域よりも上流域に開口するとともに、各他端が前記第1の環状管体内に開口する所定長さの第1のスロートと、を備え、前記各第1のスロートにおける前記各一端に多数の貫通孔を有する第1の抵抗体が挿嵌されている。これにより流体粒子は、各第1の抵抗体に有効に捕捉されるとともに、各第1のスロートで連結された第1の環状管体内の空気と共鳴して、各第1の抵抗体付近で振動し、その振幅が減衰される。こうして燃焼振動を低減することが可能となり、ひいてはガスタービン全体として安定的な低 $\text{NO}_x$ 化を実現でき、これにより、排気ガス中の $\text{NO}_x$ の低減化を達成できる。ここで、各第1のスロートの各一端が開口する対象は、各筒体を構成する各内筒、或いは各内筒と同心状に配設された各外筒である。

更にまた、上記目的を達成するため、本発明によるガスタービン燃焼器は、内部に燃焼領域を有する筒体と、一端が前記筒体における前記燃焼領域又はその下流域に開口するとともに、他端が前記筒体の周囲を形成する車室内に開口するバ

イパスダクトと、よりなるガスタービン燃焼器において、多数の貫通孔を有し前記バイパスダクトを横断した板状部材が配設されている。これにより、燃焼領域で生じた燃焼振動の振動要素である流体粒子は、バイパスダクトの一端から導入されて板状部材の各貫通孔に有効に捕捉されるとともに、バイパスダクトで連結された車室内の空気と共鳴して、各貫通孔を通じて振動し、その振幅が減衰される。こうして燃焼振動を低減することが可能となり、安定的な低 $\text{NO}_x$ 化を実現できる。

更にまた、上記目的を達成するため、本発明によるガスタービン燃焼器は、内部に燃焼領域を有する筒体と、一端が前記筒体における前記燃焼領域又はその下流域に開口するとともに、他端が前記筒体の周囲を形成する車室内に開口するバイパスダクトと、よりなるガスタービン燃焼器において、前記バイパスダクトにおける前記一端の近傍で横断した隔壁と、この隔壁を嵌通し前記隔壁の少なくとも一方の面から突出する突出管と、この突出管に挿嵌され多数の貫通孔を有する抵抗体と、を備えている。これにより流体粒子は、抵抗体に有効に捕捉されるとともに、突出管で連結されたバイパスダクト内における隔壁から他端まで空間の空気と共鳴して、抵抗体付近で振動し、その振幅が減衰される。こうして燃焼振動を低減することが可能となり、安定的な低 $\text{NO}_x$ 化を実現できる。

更にまた、上記目的を達成するための本発明によるガスタービンは、空気圧縮機と、上記したいずれかのガスタービン燃焼器と、タービンと、を備えているので、ガスタービン燃焼器において燃焼振動を低減して安定的な低 $\text{NO}_x$ 化を実現でき、これにより、排気ガス中の $\text{NO}_x$ の低減化を達成できる。

そして、上記の更なる目的を達成するため、本発明によるガスタービン燃焼器は、内部に燃焼領域を有する筒体よりなるガスタービン燃焼器において、前記筒体には、空洞を有する共鳴器が外周に環装されるとともに、前記空洞に開口する吸音孔が形成されており、前記共鳴器に隣接配置されて所定容積の第1の内部空間を形成する第1の箱体と、一端が前記空洞に開口するとともに、他端が前記第1の内部空間に開口する所定長さの第1のスロートと、を備えている。これにより、燃焼領域で生じた燃焼振動のうち高周波数域の振動要素である流体粒子は、共鳴器内の空洞の空気と共鳴して、吸音孔を通じて振動し、その振幅が減衰され

る。他方、低周波数域の振動要素である流体粒子は、共鳴器内の空洞を経て第1のスロートで連結された第1の内部空間の空気と共鳴して、吸音孔を通じて振動し、その振幅が減衰される。こうして周波数域を問わず燃焼振動を低減することが可能となり、安定的な低 $\text{NO}_x$ 化を実現できる。

そして、上記の更なる目的を達成するための本発明によるガスタービンは、空気圧縮機と、上記したガスタービン燃焼器と、タービンと、を備えているので、ガスタービン燃焼器において周波数域を問わず燃焼振動を低減して安定的な低 $\text{NO}_x$ 化を実現でき、これにより、排気ガス中の $\text{NO}_x$ の低減化を達成できる。

#### 図面の簡単な説明

図1は本発明の第1実施形態である燃焼器の概念を示す断面図である。

図2は本発明の第2実施形態である燃焼器の概念を示す断面図である。

図3は本発明の第3実施形態である燃焼器の概念を示す断面図である。

図4は本発明の第4実施形態である燃焼器の概念を示す断面図である。

図5は本発明の第5実施形態である燃焼器の概念を示す断面図である。

図6は本発明の第6実施形態である燃焼器の概念を示す断面図である。

図7は本発明の第7実施形態である燃焼器の概念を示す断面図である。

図8は本発明の第8実施形態である燃焼器の概念を示す断面図である。

図9は第1～第8実施形態の燃焼器を具体的に適用したガスタービンの一例を示す要部縦断面図である。

図10は図9のA-A断面に相当する横断面図である。

図11は第1～第8実施形態の燃焼器を具体的に適用したガスタービンの他の一例を示す図9のA-A断面に相当する横断面図である。

図12は本発明の第9実施形態であるガスタービンの燃焼器付近を模式的に示す要部縦断面図である。

図13は本発明の第10実施形態であるガスタービンの燃焼器付近を模式的に示す要部縦断面図である。

図14は本発明の第11実施形態であるガスタービンの燃焼器付近を模式的に示す要部縦断面図である。



図 15 は本発明の第 1 2 実施形態であるガスタービンの燃焼器付近を模式的に示す要部縦断面図である。

図 16 は第 1 2 実施形態のガスタービンの燃焼器付近を模式的に示す要部横断面図である。

図 17 は本発明の第 1 3 実施形態であるガスタービンの燃焼器付近を模式的に示す要部横断面図である。

図 18 は本発明の第 1 4 実施形態であるガスタービンの燃焼器付近を模式的に示す要部縦断面図である。

図 19 は本発明の第 1 5 実施形態である燃焼器の要部縦断面図である。

図 20 は第 1 5 実施形態の燃焼器の要部横断面図である。

図 21 は本発明の第 1 6 実施形態である燃焼器の要部縦断面図である。

図 22 は第 1 6 実施形態の燃焼器における板状部材の平面図である。

図 23 は第 1 6 実施形態の燃焼器におけるバイパス弁の平面図である。

図 24 A, B は第 1 6 実施形態の燃焼器におけるバイパス空気量調整動作を示す要部縦断面図である。

図 25 A, B は第 1 6 実施形態の燃焼器における減衰振動低減動作を示す要部縦断面図である。

図 26 は本発明の第 1 7 実施形態である燃焼器の要部縦断面図である。

図 27 は第 1 7 実施形態の燃焼器における板状部材の平面図である。

図 28 は本発明の第 1 8 実施形態である燃焼器の要部縦断面図である。

図 29 は本発明の第 1 9 実施形態である燃焼器の要部縦断面図である。

図 30 は本発明の第 2 0 実施形態である燃焼器の要部縦断面図である。

図 31 は本発明の第 2 1 実施形態である燃焼器の一例を示す要部縦断面図である。

図 32 は本発明の第 2 2 実施形態である燃焼器の要部縦断面図である。

図 33 は第 2 2 実施形態の燃焼器における共鳴器及び第 1 の箱体を円周方向に切断して展開した断面展開図である。

図 34 は本発明の第 2 3 実施形態である燃焼器の要部縦断面図である。

図 35 は第 2 3 実施形態の燃焼器における共鳴器及び第 1 の箱体を円周方向に

切断して展開した断面展開図である。

図 3.6 は本発明の第 2.4 実施形態である燃焼器の要部縦断面図である。

図 3.7 は第 2.4 実施形態の燃焼器における共鳴器及び第 1 の箱体を円周方向に切断して展開した断面展開図である。

図 3.8 は本発明の第 2.5 実施形態である燃焼器の要部縦断面図である。

図 3.9 は第 2.5 実施形態の燃焼器における共鳴器及び第 1 の箱体を円周方向に切断して展開した断面展開図である。

図 4.0 は本発明の第 2.6 実施形態である燃焼器における共鳴器及び第 1 の箱体を円周方向に切断して展開した断面展開図である。

図 4.1 は本発明の第 2.7 実施形態である燃焼器における共鳴器及び第 1 の箱体を円周方向に切断して展開した断面展開図である。

図 4.2 は本発明の第 2.8 実施形態である燃焼器における共鳴器及び第 1 の箱体を円周方向に切断して展開した断面展開図である。

図 4.3 は本発明の第 2.9 実施形態である燃焼器における共鳴器及び第 1 の箱体を円周方向に切断して展開した断面展開図である。

図 4.4 は本発明の第 3.0 実施形態である燃焼器の要部縦断面図である。

図 4.5 は本発明の第 3.1 実施形態である燃焼器の要部縦断面図である。

図 4.6 は第 3.1 実施形態の燃焼器における共鳴器及び第 1 の箱体を円周方向に切断して展開した断面展開図である。

図 4.7 は一般的なガスタービンにおける燃焼器付近の要部縦断面図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明の実施形態について図面を参照しながら詳述する。先ず、本発明の第 1 ～第 8 実施形態について、順に説明する。図 1 は本発明の第 1 実施形態である燃焼器の概念を示す断面図である。なお、図中で図 4.7 と同じ名称で同じ機能を果たす部分には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。後述する第 2 ～第 8 実施形態においても同様とする。

本第 1 実施形態の燃焼器 3 は、図 4.7 に示すようなガスタービン 1 に適用されるものであって、図 1 に示すように、対象体 20 の側壁 20a の外側に第 1 の箱

体 3 0 が配設されており、この第 1 の箱体 3 0 内の空洞によって所定容積の第 1 の内部空間 3 1 が形成されている。また、第 1 の箱体 3 0 は、所定長さを有する管状の第 1 のスロート 3 2 を介して側壁 2 0 a に連結されていて、この第 1 のスロート 3 2 は、一端 3 2 a が側壁 2 0 a から対象体 2 0 内に開口するとともに、他端 3 2 b が第 1 の内部空間 3 1 に開口している。

更に、第 1 のスロート 3 2 の一端 3 2 a には、多数の貫通孔を有する第 1 の抵抗体 3 3 が挿嵌されている。この第 1 の抵抗体 3 3 は、例えば、パンチングメタル、セラミック焼結金属、焼結金網である。なお、ここでいう対象体 2 0 は、内部に燃焼領域を有する内筒 6 やその下流域の尾筒 7 といった筒体、或いはそれらの側壁に連結されたバイパスダクト 1 1 であり、内部に燃焼振動が伝播し得るものである。

このような構成のもと、第 1 の箱体 3 0 は、内筒 6 内の燃焼領域で生じた燃焼振動の振動要素である流体粒子に対しての共鳴用の空気を収容する空気収容体として機能する。また、第 1 のスロート 3 2 は、対象体 2 0 と第 1 の箱体 3 0 とをつなぐ中継体として機能する。また、第 1 の抵抗体 3 3 は、第 1 のスロート 3 2 内を横断する横断体として機能し、更にこれが有する貫通孔は、第 1 の箱体 3 0 内の空気との共鳴で流体粒子が振動される通気孔として機能する。こうして、内筒 6 内の燃焼領域で生じた燃焼振動に関しては、その振動要素である流体粒子が、対象体 2 0 内を伝播して第 1 の抵抗体 3 3 に有効に捕捉される。そして、第 1 のスロート 3 2 で連結された第 1 の内部空間 3 1 の空気と共鳴して、第 1 の抵抗体 3 3 付近で振動する。この振動により、流体粒子の振幅が減衰され、その燃焼振動が低減されていく。その結果、安定的な低 NO<sub>x</sub> 化が実現される。

なお、図 1 では、第 1 の箱体 3 0 に対して第 1 のスロート 3 2 が 1 つ配設されているが、2 つ以上配設されても勿論構わない。

次に、本発明の第 2 実施形態について、図 2 を参照しながら説明する。本第 2 実施形態の特徴は、第 1 実施形態において、特に低周波数域の燃焼振動へ配慮した点にある。これは、燃焼振動が低周波領域である場合、第 1 実施形態における第 1 のスロート 3 2 内の断面積を小さくする必要があるが、そうすると、必然的に第 1 の抵抗体 3 3 の存在領域が小さくなるため、捕捉できる流体粒子の割合が

減り、全体として燃焼振動低減への寄与度が不十分となるからである。

そこで、本実施形態では、第 1 のスロート 3 2 として、内周が他端 3 2 b から一端 3 2 a に向けて中央付近で急拡大するような段付管状のものが適用されており、一端 3 2 a の開口面積が他端 3 2 b に対して広がっている。この一端 3 2 a に、第 1 の抵抗体 3 3 が挿嵌されている。

このようにして、第 1 のスロート 3 2 内すなわち他端 3 2 b の断面積を小さくしつつ、第 1 の抵抗体 3 3 の存在領域を拡大させることができるため、低周波数域の流体粒子に対しての捕捉割合が増し、これにより全体として燃焼振動低減への寄与度が十分となる。従って、低周波数域の燃焼振動を全体として十分に低減させることが可能となる。

なお、第 1 のスロート 3 2 として、内周が徐々に拡大するようなラッパ状のものが適用されても、同様の効果が得られる。

次に、本発明の第 3 実施形態について、図 3 を参照しながら説明する。本第 3 実施形態の特徴は、第 2 実施形態において生じる弊害に配慮した点にある。これは、第 2 実施形態のように第 1 のスロート 3 2 における一端 3 2 a の開口面積が他端 3 2 b に対して広がる、すなわち第 1 のスロート 3 2 内の容積が大きくなると、第 1 の抵抗体 3 3 で隔てられた第 1 のスロート 3 2 内の空間と対象体 2 0 の空間とにおける各々の圧力変動に、位相差が生じなくなる（図中の「+」「+」）場合があり、この場合、第 1 の抵抗体 3 3 付近で流体粒子が振動しないため、このままでは低周波数域の燃焼振動を十分に低減させることができなくなるという弊害を引き起こすからである。

そこで、本実施形態では、第 1 のスロート 3 2 における他端 3 2 b に、多数の貫通孔を有する抵抗体 3 4 が挿嵌されている。この抵抗体 3 4 は、第 1 の抵抗体 3 3 と同様に、例えば、パンチングメタル、セラミック焼結金属、焼結金網である。

このようにすると、第 1 の内部空間 3 1 と第 1 のスロート 3 2 内の空間とにおける各々の圧力変動には位相差が生じている（図中の「-」「+」）ことから、これを活用して流体粒子が抵抗体 3 4 付近で有効に振動するため、第 1 の抵抗体 3 3 付近での流体粒子の振動が不十分であっても、低周波数域の燃焼振動を十分

に低減できる。

なお、抵抗体 3 4 の設置位置は、第 1 のスロート 3 2 における一端 3 2 a に対して断面積の小さい他端 3 2 b 側のいずれの位置であっても、同様の効果が得られる。

次に、本発明の第 4 実施形態について、図 4 を参照しながら説明する。本第 4 実施形態の特徴は、第 3 実施形態と同様に、第 2 実施形態において生じる弊害に配慮した点にある。

つまり、本実施形態では、第 1 のスロート 3 2 における他端 3 2 b が第 1 の内部空間 3 1 に突出しており、この突出部に多数の貫通孔 3 5 が形成されている。このようにすると、第 3 実施形態における抵抗体 3 4 と同様の作用で、各貫通孔 3 5 で流体粒子が有効に振動するため、第 3 実施形態と同様に、低周波数域の燃焼振動を十分に低減できる。

次に、本発明の第 5 実施形態について、図 5 を参照しながら説明する。本第 5 実施形態の特徴は、低周波数域の燃焼振動を全体として、より十分に低減させるように図った点にあり、第 1 ～第 4 実施形態の主要構成である第 1 の箱体 3 0 等が複数並設されている。

これにより、第 1 の抵抗体 3 3 の存在領域を全体として拡大させることができるため、低周波数域の流体粒子に対しての捕捉割合がより増し、低周波数域の燃焼振動を全体としてより十分に低減させることが可能となる。

ここで、図 5 では、第 4 実施形態の第 1 の箱体 3 0 等（図 4 参照）が複数並設されているが、第 1 のスロート 3 2 における各他端 3 2 b 側の開口面積、又は長さ、若しくは各第 1 の箱体 3 0 で形成される各第 1 の内部空間 3 1 における容積のうち、少なくとも 1 つが相互に異なっている。これにより、各第 1 の箱体 3 0 等毎に対応する振動特性が異なるため、更に、周波数域の異なる種々の燃焼振動に対して漏れなく対応できるようになる。

次に、本発明の第 6 実施形態について、図 6 を参照しながら説明する。本第 6 実施形態の特徴は、第 5 実施形態において、更に高周波数域の燃焼振動へ配慮した点にある。これは、高周波数域の燃焼振動の場合、波長が短いことから第 1 の内部空間 3 1 そのもので圧力変動の位相差が生じて、第 1 の抵抗体 3 3、又は抵

抗体 3 4 付近で流体粒子が十分振動しなくなり、このままでは高周波数域の燃焼振動を十分に低減させることができなくなるからである。

そこで、本実施形態では、各第 1 の内部空間 3 1 の少なくとも 1 つに、多数の貫通孔を有する抵抗体 3 6 が配設されている。この抵抗体 3 6 は、第 1 の抵抗体 3 3、及び抵抗体 3 4 と同様に、例えば、パンチングメタル、セラミック焼結金属、焼結金網である。

このようにすると、第 1 の内部空間 3 1 そのもので生じた圧力変動の位相差によって、抵抗体 3 6 付近で流体粒子が振動するため、その高周波域の燃焼振動を低減できる。

次に、本発明の第 7 実施形態について、図 7 を参照しながら説明する。本第 7 実施形態の特徴は、第 6 実施形態と同様に、第 5 実施形態における高周波数域の燃焼振動へ配慮した点にある。

つまり、本実施形態では、各第 1 の箱体 3 0 の少なくとも 1 つに、各第 1 の内部空間 3 1 に突出して第 1 のスロート 3 2 における他端 3 2 b からの連続通路を形成する、多数の貫通孔を有した突出板 3 7 が配設されている。このようにすると、第 6 実施形態における抵抗体 3 6 と同様の作用で、突出板 3 7 の各貫通孔で流体粒子が有効に振動するため、第 6 実施形態と同様に、高周波数域の燃焼振動を十分に低減できる。

次に、本発明の第 8 実施形態について、図 8 を参照しながら説明する。本第 8 実施形態の特徴は、燃焼振動を効率よく低減させるように図った点にあり、第 1 ～第 7 実施形態の主要構成である第 1 の箱体 3 0 等があたかも複数連設されたような態様となっている。

つまり、本実施形態では、第 1 の箱体 3 0 の外側にこれと同様の第 2 の箱体 4 0 が連設されており、この第 2 の箱体 4 0 内の空洞によって所定容積の第 2 の内部空間 4 1 が形成されている。また、第 2 の箱体 4 0 は、第 1 のスロート 3 2 と同様に所定長さを有する管状の第 2 のスロート 4 2 を介して第 1 の箱体 3 0 に連結されていて、この第 2 のスロート 4 2 は、第 1 の箱体 3 0 側に位置する一端 4 2 a が第 1 の内部空間 3 1 に開口するとともに、第 2 の箱体 4 0 側に位置する他端 4 2 b が第 2 の内部空間 4 1 に開口している。

更に、第2のスロート42の一端42aには、多数の貫通孔を有する第2の抵抗体43が挿嵌されている。この第2の抵抗体43は、第1の抵抗体33と同様に、例えば、パンチングメタル、セラミック焼結金属、焼結金網である。

これにより、流体粒子は、第1の抵抗体33付近での振動に加えて、各第2のスロート42で連結された各第2の内部空間41の空気と共鳴して、各第2の抵抗体43付近で振動し、その振幅が減衰される。従って、流体粒子を多くの個所で振動させることが可能となり、燃焼振動を効率よく低減できることになる。

なお、図8では、各第1の箱体30に対して第2の箱体40が1つ連設されているが、2つ以上連設されても勿論構わない。その場合、隣接する第2の箱体40同士をそれぞれ上記の第2のスロート42で連結することで足りる。

また、第2～第5実施形態の趣旨と同様に、低周波数域の燃焼振動へのより十分な対応を考慮して、以下のように変形することも可能である。第2実施形態における第1のスロート32に準じ、第2のスロート42における一端42aの開口面積が他端42bに対して広がっている。第3実施形態における第1のスロート32の抵抗体34に準じ、第2のスロート42における他端42b側に多数の貫通孔を有する抵抗体が挿嵌されている。第4実施形態における第1のスロート32に準じ、第2のスロート42における他端42bが第2の内部空間41に突出しており、この突出部に多数の貫通孔が形成されている。第5実施形態における第1の箱体30等に準じ、第2の箱体40等が複数並設されており、第2のスロート42における各他端42b側の開口面積又は長さ、若しくは各第2の内部空間41における容積のうち、少なくとも1つが第2の箱体40毎に相互に異なっている。

更に、第6、第7実施形態の趣旨と同様に、高周波数域の燃焼振動へのより十分な対応を考慮して、以下のように変形することも可能である。第6実施形態における抵抗体36に準じ、各第2の内部空間41の少なくとも1つに、多数の貫通孔を有する抵抗体が配設されている。第7実施形態における突出板37に準じ、各第2の箱体40の少なくとも1つに、各第2の内部空間41に突出して第2のスロート42における他端42bからの連続通路を形成し多数の貫通孔を有した突出板が配設されている。

以上、本発明の基本的な概念を第 1 ～ 第 8 実施形態に基づいて説明したが、これらを具体的に適用したガスタービンの一例について、図面を参照しながら以下に述べておく。図 9 は上記した第 1 ～ 第 8 実施形態の燃焼器を具体的に適用したガスタービンの要部縦断面図、図 10 は図 9 の A-A 断面に相当する横断面図である。また、図 11 は上記した第 1 ～ 第 8 実施形態の燃焼器を具体的に適用したガスタービンの他の一例を示すものであって、図 9 の A-A 断面に相当する横断面図である。なお、図中で図 1 ～ 図 8 と同じ名称で同じ機能を果たす部分には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

図 9 に示すように、バイパスダクト 11 のエルボ部の外側に、これに沿って側面視扇状の第 1 の箱体 30 が配設されている。この第 1 の箱体 30 は、図 10 に示すように、横断面が円弧部 30a とその両端からバイパスダクト 11 の側壁 11a に向く折曲部 30b よりなり、これら円弧部 30a、折曲部 30b と側壁 11a とによって第 1 の内部空間 31 が形成されている。

また、この第 1 の内部空間 31 には、側壁 11a から突出する第 1 のスロート 32 が等角度間隔で 3 つ配設されている。これら第 1 のスロート 32 の各一端 32a は、側壁 11a からバイパスダクト 11 内に開口し、他方各他端 32b は、第 1 の内部空間 31 に開口している。更に、各第 1 のスロート 32 の一端 32a には、多数の貫通孔を有する第 1 の抵抗体 33 がそれぞれ挿嵌されている。

つまり、図 9、図 10 に示す構成は、対象体 20 としてバイパスダクト 11 を採用し、上記の第 1 実施形態に準じたものである。また、図 11 に示す構成は、対象体 20 としてバイパスダクト 11 を採用し、上記の第 5 実施形態に準じたものである。

ここで、対象体 20 としてバイパスダクト 11 を採用した理由は、燃焼振動を効果的に低減させるためには、第 1 の内部空間 31 としてある程度の大きさと、第 1 のスロート 32 としてある程度の長さのものが必要とされるからであり、スペースに比較的余裕のあるバイパスダクト 11 付近が好適であるからである。これにより、第 1 の内部空間 31 を形成するために配設する第 1 の箱体 30 と、第 1 のスロート 32 と、を容易に設置できる上、燃焼振動の効果的な低減に必要とされるある程度の大きさの第 1 の内部空間 31 と、ある程度の長さの第 1 のスロ



ート 3 2 と、を十分確保できるという利点がある。

なお、上記した第 1 ～第 8 実施形態において、第 1 のスロート 3 2 や第 2 のスロート 4 2 の横断面形状は、円形のみならず多角形であっても構わない。

続いて、本発明の第 9 ～第 1 4 実施形態について、順に図面を参照しながら説明する。図 1 2 は本発明の第 9 実施形態であるガスタービンの燃焼器付近を模式的に示す要部縦断面図である。なお、図中で図 4 7 と同じ名称で同じ機能を果たす部分には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。後述する第 1 0 ～第 1 4 実施形態においても同様とする。

本第 9 実施形態の燃焼器 3 は、図 4 7 に示すようなガスタービン 1 に適用されるものと基本的な構成は同じであるが、以下の点で異なる。つまり、図 1 2 に示すように、外筒 8 の後端壁の外側に箱体 1 5 0 が配設されており、この箱体 1 5 0 内の空洞によって所定容積の内部空間が形成されている。また、箱体 1 5 0 は、所定長さを有する管状のスロート 1 5 1 を介して外筒 8 の後端壁に連結されていて、このスロート 1 5 1 は、一端 1 5 1 a が外筒 8 内すなわち燃焼領域よりも上流域に開口するとともに、他端 1 5 1 b が箱体 1 5 0 の内部空間に開口している。

更に、スロート 1 5 1 の一端 1 5 1 a には、多数の貫通孔を有する抵抗体 1 5 2 が挿嵌されている。この抵抗体 1 5 2 は、例えば、パンチングメタル、セラミック焼結金属、焼結金網である。

このような構成のもと、箱体 1 5 0 は、内筒 6 内の燃焼領域で生じた燃焼振動の振動要素である流体粒子に対しての共鳴用の空気を收容する空気收容体として機能する。また、スロート 1 5 1 は、外筒 8 と箱体 1 5 0 とをつなぐ中継体として機能する。また、抵抗体 1 5 2 は、スロート 1 5 1 内を横断する横断体として機能し、更にこれが有する貫通孔は、箱体 1 5 0 内の空気との共鳴で流体粒子が振動される通気孔として機能する。こうして、内筒 6 内の燃焼領域で生じた燃焼振動に関しては、その振動要素である流体粒子が、内筒 6 を経由して外筒 8 内に伝播し、次いで抵抗体 1 5 2 に有効に捕捉される。そして、スロート 1 5 1 で連結された箱体 1 5 0 の内部空間の空気と共鳴して、抵抗体 1 5 2 付近で振動する。この振動により、流体粒子の振幅が減衰され、その燃焼振動が低減されていく。その結果、安定的な低  $\text{NO}_x$  化を実現できる。

なお、図中の白抜き矢印は、圧縮機 2 で圧縮された圧縮空気の流れを示しており、圧縮空気は、先ず車室 5 内に流入し、次いで内筒 6 の外周面と外筒 8 の内周面とで形成される管状空間を経た後ほぼ 180 度反転して、内筒 6 内に後端側から導入される。そして、内筒 6 内で燃料とともに拡散燃焼及び予混合燃焼し、これにより生じた燃焼ガスが、尾筒 7 内を経由してその前端からタービン 4 に向けて吐出される。

次に、本発明の第 10 実施形態について、図 13 を参照しながら説明する。本第 10 実施形態の特徴は、第 9 実施形態における箱体 150 の構造の簡素化を図った点にある。これは、箱体 150 の内部空間は大気圧よりも遥かに高圧な状態になるが、図 12 に示すように、箱体 150 そのものが燃焼器 3 の外部すなわち大気圧下に配設された場合、箱体 150 の内外で著しい圧力差が生じるため、箱体 150 にはその圧力差に耐え得る耐圧構造が欠かせず、そうすると、箱体 150 が必要以上に大型化するおそれがあるからである。

そこで、本実施形態では、箱体 150 が車室 5 内に配設されている。なお、その際スロート 151 は、折曲して車室 5 のケーシングを嵌通することで足りる。これにより、箱体 150 そのものはその内部空間とほぼ等しい圧力下の車室 5 内におかれるため、内外の圧力差はほとんど生じない。従って、箱体 150 に格別な耐圧構造は全く不要となり、箱体 150 が必要以上に大型化することもない。

次に、本発明の第 11 実施形態について、図 14 を参照しながら説明する。本第 11 実施形態の特徴は、第 9、第 10 実施形態におけるスロート 151 の一端 151a の開口対象を変更した点にある。

つまり、図 14 に示すように、スロート 151 の一端 151a は、内筒 6 の側壁のうちで燃焼領域よりも上流域の部分から内筒 6 内に開口している。なお、図 14 では第 10 実施形態（図 13 参照）に準拠し、箱体 150 が車室 5 内に配設されたものに対して変更しているが、勿論第 9 実施形態（図 12 参照）に準拠したものに対して変更しても構わない。この場合、スロート 151 は、外筒 8 の後端壁又は側壁を嵌通して内筒 6 の側壁に連結されることで足りる。

このような構成でも、上記した第 9、第 10 実施形態と同様に、流体粒子は、箱体 150 の内部空間の空気と共鳴して、抵抗体 152 付近で振動し、その振幅

が減衰される。

なお、スロート 151 の一端 151 a の開口対象が、外筒 8 の側壁であっても構わない。

次に、本発明の第 1 2 実施形態について、図 15、図 16 を参照しながら説明する。本第 1 2 実施形態の特徴は、ガスタービン全体としての実用性を考慮しつつ、燃焼振動の低減を図った点にある。

本実施形態の特徴部分の説明に先立ち、1つのガスタービンにおける燃焼器の一般的な配設位置について述べておく。図 15、図 16 に示すように、ガスタービン 1 には、主として効率よくタービン 4 に回転力を与える目的から、複数の燃焼器 3 が配設される。具体的には、各燃焼器 3 は、空気圧縮機 2 及びタービン 4 を直結する主軸 J に対して同一円周上に等角度間隔で配設されている（図 16 では、60 度ピッチで 6 つ）。

以下に本実施形態の特徴部分について説明する。主軸 J と同軸状で環状の内部空間を有する第 1 の環状管体 130 が、各外筒 8 の後端壁の外側に位置するように配設されている。また、第 1 の環状管体 130 は、所定長さを有する管状の第 1 のスロート 131 を介して各外筒 8 の後端壁にそれぞれ連結されていて、これら第 1 のスロート 131 は、各一端 131 a が各外筒 8 内すなわち燃焼領域よりも上流域に開口するとともに、各他端 131 b が第 1 の環状管体 130 内に開口している。

更に、第 1 のスロート 131 の一端 131 a には、多数の貫通孔を有する第 1 の抵抗体 132 が挿嵌されている。これら第 1 の抵抗体 132 は、第 9 ～ 第 11 実施形態における抵抗体 152 と同様に、例えば、パンチングメタル、セラミック焼結金属、焼結金網である。

このような構成によれば、第 1 の管状管体 130 は、各内筒 6 内の燃焼領域で生じた燃焼振動の振動要素である流体粒子に対しての共鳴用の空気を收容する空気收容体として機能する。また、各第 1 のスロート 131 は、各外筒 8 と第 1 の管状管体 130 とをつなぐ中継体として機能する。また、各第 1 の抵抗体 132 は、第 1 のスロート 131 内を横断する横断体として機能し、更にこれが有する貫通孔は、第 1 の管状管体 130 内の空気との共鳴で流体粒子が振動される通気

孔として機能する。こうして、各内筒 6 内の燃焼領域で生じた燃焼振動の振動要素である流体粒子は、各第 1 の抵抗体 1 3 2 に有効に捕捉されるとともに、各第 1 のスロート 1 3 1 で連結された第 1 の環状管体 1 3 0 内の空気と共鳴して、各第 1 の抵抗体 1 3 2 付近で振動する。この振動により、各燃焼器 3 における流体粒子の振幅が減衰され、その燃焼振動が低減されていく。その結果、ガスタービン全体として安定的な低  $\text{NO}_x$  化を実現でき、これにより、排気ガス中の  $\text{NO}_x$  の低減化を達成できる。

次に、本発明の第 1 3 実施形態について、図 1 7 を参照しながら説明する。本第 1 3 実施形態の特徴は、第 1 2 実施形態における各第 1 の抵抗体 1 3 2 付近で流体粒子をより有効に振動させるように図った点にある。これは、第 1 2 実施形態における第 1 の環状管体 1 3 0 の内部空間が連続した 1 つの空間であることから、その内部空間そのもので圧力変動の位相差が生じる場合があり、この場合、各第 1 の抵抗体 1 3 2 付近で流体粒子が十分振動しなくなるため、このままでは燃焼振動を十分に低減させることができなくなるからである。

そこで、本実施形態では、図 1 7 に示すように、第 1 の環状管体 1 3 0 内における各第 1 のスロート 1 3 1 の各他端 1 3 1 b 相互の間に、それぞれ第 1 の隔壁 1 3 5 が設けられている。

このようにすると、連続した 1 つの空間であった第 1 の環状管体 1 3 0 の内部空間は、第 1 のスロート 1 3 1 毎すなわち燃焼器 3 毎に第 1 の隔壁 1 3 5 により分割され、これら個々の分割空間での圧力変動の位相差の発生が抑えられる。従って、各第 1 の抵抗体 1 3 2 付近で流体粒子が有効に十分振動するため、燃焼振動を十分に低減できる。

次に、本発明の第 1 4 実施形態について、図 1 8 を参照しながら説明する。本第 1 4 実施形態の特徴は、第 1 2、第 1 3 実施形態における燃焼振動を効率よく低減させるように図った点にある。

つまり、本実施形態では、図 1 8 に示すように、第 1 の環状管体 1 3 0 の外側に、これと同様に主軸 J と同軸状で環状の内部空間を有する第 2 の環状管体 1 4 0 が連設されている。また、第 2 の環状管体 1 4 0 は、所定長さを有し各第 1 のスロート 1 3 1 に対応した管状の第 2 のスロート 1 4 1 を介して、第 1 の環状管

体 1 3 0 にそれぞれ連結されていて、これら第 2 のスロート 1 4 1 は、第 1 の環状管体 1 3 0 側に位置する各一端 1 4 1 a が第 1 の環状管体 1 3 0 内に開口するとともに、第 2 の環状管体 1 4 0 側に位置する各他端 1 4 1 b が第 2 の環状管体 1 4 0 内に開口している。

更に、各第 2 のスロート 1 4 1 の各一端 1 4 1 a には、多数の貫通孔を有する第 2 の抵抗体 1 4 2 が挿嵌されている。これら第 2 の抵抗体 1 4 2 は、第 1 の抵抗体 1 3 2 と同様に、例えば、パンチングメタル、セラミック焼結金属、焼結金網である。

このような構成によれば、流体粒子は、各第 1 の抵抗体 1 3 2 付近での振動に加えて、各第 2 のスロート 1 4 1 で連結された第 2 の環状管体 1 4 0 内の空気と共鳴して、各第 2 の抵抗体 1 4 2 付近で振動し、その振幅が減衰される。従って、流体粒子を多くの個所で振動させることが可能となり、燃焼振動を効率よく低減できることになる。

なお、図 1 8 では、第 1 の環状管体 1 3 0 に対して第 2 の環状管体 1 4 0 が 1 つ連設されているが、2 つ以上連設されても勿論構わない。この場合、隣接する第 2 の環状管体 1 4 0 同士をそれぞれ上記した第 2 のスロート 1 4 1 で連結することで足りる。

また、第 1 3 実施形態と同様の趣旨から、第 2 の環状管体 1 4 0 内における各第 2 のスロート 1 4 1 の各他端 1 4 1 b 相互の間にそれぞれ第 2 の隔壁(不図示)を設けてもよい。このようにすると、連続した 1 つの空間であった第 2 の環状管体 1 4 0 の内部空間は、第 2 のスロート 1 4 1 毎すなわち第 1 のスロート 1 3 1 を経由した燃焼器 3 毎に第 2 の隔壁により分割され、これら個々の分割空間での圧力変動の位相差の発生が抑えられる。従って、各第 2 の抵抗体 1 4 2 付近で流体粒子が有効に十分振動するため、各第 1 の抵抗体 1 3 2 付近での流体粒子の振動と相まって、燃焼振動をより十分に低減できる。

更に、各第 1 のスロート 1 3 1 の一端 1 3 1 a の開口対象は、燃焼領域よりも上流域の部分である限り、内筒 6 の側壁や外筒 8 の側壁であっても構わない。

なお、上記した第 9 ～第 1 4 実施形態において、スロート 1 5 1 や第 1 のスロート 1 3 1 や第 2 のスロート 1 4 1 の横断面形状は、円形に限らず多角形であっ

ても構わない。

続いて、本発明の第 15 ～ 第 21 実施形態について、順に図面を参照しながら説明する。図 19 は本発明の第 15 実施形態である燃焼器の縦断面図、図 20 はその燃焼器の要部横断面図である。なお、図中で図 47 と同じ名称で同じ機能を果たす部分には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。後述する第 16 ～ 第 21 実施形態においても同様とする。

本第 15 実施形態の燃焼器 3 は、図 47 に示すようなガスタービン 1 に適用されるものであって、図 19、図 20 に示すように、燃焼領域を有する内筒 6（不図示）の前端に尾筒 7 が連結されており、内筒 6 及びその下流域の尾筒 7 により筒体が構成される。その尾筒 7 の側壁にはバイパスダクト 11 が連結されており、その一端 11 a は尾筒 7 内に開口し、他端 11 b は筒体の周囲を形成する車室 5 内に開口している。

更に、バイパスダクト 11 には、これを横断するように板状部材 250 が配設されており、この板状部材 250 には、多数の貫通孔 251 が形成されている。このような板状部材 250 は、貫通孔 251 が穿設されたような金属板に限らず、例えば、パンチングメタル、セラミック焼結金属、焼結金網も適用できる。

このような構成のもと、車室 5 は、内筒 6 内の燃焼領域で生じた燃焼振動の振動要素である流体粒子に対しての共鳴用の空気を収容する空気収容体として機能する。また、バイパスダクト 11 は、尾筒 7 と車室 5 とをつなぐ中継体として機能する。また、板状部材 250 は、バイパスダクト 11 内を横断する横断体として機能し、更にこれが有する貫通孔 251 は、車室 5 内の空気との共鳴で流体粒子が振動される通気孔として機能する。こうして、内筒 6 内の燃焼領域で生じた燃焼振動に関しては、その振動要素である流体粒子が、尾筒 7 を経由して伝播し、次いでバイパスダクト 11 の一端 11 a から導入されて板状部材 250 の各貫通孔 251 に有効に捕捉される。そして、バイパスダクト 11 で連結された車室 5 内の空気と共鳴して、各貫通孔 251 を通じて振動する。この振動により、流体粒子の振幅が減衰され、その燃焼振動が低減されていく。その結果、安定的な低 NO<sub>x</sub> 化を実現できる。

なお、図 19 では、バイパスダクト 11 に対して板状部材 250 が 1 つ配設さ

れているが、2つ以上連設されても勿論構わない。

次に、本発明の第16実施形態について、図21～図25A、Bを参照しながら説明する。本第16実施形態の特徴は、第1に、バイパスダクト11の本来の機能を損なうことなく、燃焼振動を低減できるように図り、第2に、周波数域の異なる種々の燃焼振動に対し、容易に対応可能にするよう図った点にある。

第1の特徴点に関しては、バイパスダクト11には、本来、車室5から筒体（尾筒7）内にバイパス空気を導入して燃焼ガス濃度を調整する機能、すなわちバイパス空気の流量を調整する機能が要求されるが、第15実施形態の構成のままで、板状部材250が障害となってバイパス空気の流量が不十分となり、バイパスダクト11の本来の機能を果たせない場合があるからである。

第2の特徴点に関しては、燃焼振動における種々の周波数域に対する減衰の応答性は、1つに、バイパスダクト11の横断面に相当する板状部材250の領域において、貫通孔251の開口面積の占める割合（以下、「開口率」と記すことがある）で定まるため、振動燃焼の周波数域によっては減衰の応答性が著しく低下する場合があるからである。

そこで、本実施形態では、図21に示すように、板状部材250が、バイパスダクト11に対する横断方向（図中の矢印X）にスライド移動可能となっている。この板状部材250には、図22に示すように、バイパスダクト11の横断面11cと略同一の大きさで、貫通孔251の開口面積の占める割合が相互に異なる貫通孔存在領域A1、A2・・・が形成され、更に、横断面11cと略同一の大きさで貫通する貫通領域Bが形成されている。なお、図21では、貫通孔存在領域A2の開口率の方が、貫通孔存在領域A1よりも大きい。

また、バイパスダクト11には、板状部材250に隣接して、バイパス弁12が配設されており、このバイパス弁12も板状部材250と同様に、バイパスダクト11に対する横断方向（図21中の矢印Y）にスライド移動可能となっている。具体的には、複数の燃焼器3がガスタービン1の主軸に対して同一円周上に等角度間隔で配設されていることから、バイパス弁12は、図23に示すように、ガスタービン1の主軸と同軸状のリング状プレートを基板部12aとし、この基板部12aは、各燃焼器3のバイパスダクト11を横断するように配設されてい

る。この基板部 1 2 a には、各バイパスダクト 1 1 の各々に対応した貫通口 1 2 b が形成され、基板部 1 2 a の外周には、径方向に突出しバイパス弁可変機構 1 3（図 4 7 参照）に接続されたレバー 1 2 c が固定されている。

そして、バイパス弁可変機構 1 3 を駆動することにより、レバー 1 2 c が円周方向に移動し、これに伴い基板部 1 2 a が円周方向にスライド回転、すなわち各バイパスダクト 1 1 に対する横断方向（図 2 1 中の矢印 Y）にスライド移動するようになる。

このような構成の燃焼器 3 の動作について、図 2 4 A, B、図 2 5 A, B を参照しながら以下に説明する。まず、バイパスダクト 1 1 の本来の機能であるバイパス空気の流量を調整する際は、図 2 4 A, B に示すように、板状部材 2 5 0 をスライド移動させて、貫通領域 B がバイパスダクト 1 1 の横断面に相当する領域に一致するよう選定する。この状態で、バイパス弁 1 2 をスライド移動させることにより、バイパス弁 1 2 の開閉度合いが調整され、これにより、バイパスダクト 1 1 の本来の機能であるバイパス空気の流量調整がなされる。

例えば、バイパスダクト 1 1 を閉じてバイパス空気の流入を停止する場合は、バイパスダクト 1 1 の横断面に相当する領域に、貫通領域 B が一致するよう板状部材 2 5 0 をスライド移動させて選定するとともに、貫通口 1 2 b が掛からないようバイパス弁 1 2 をスライド移動させ（図 2 4 A 参照）、また、バイパスダクト 1 1 を完全に開いてバイパス空気の流入を全開する場合は、バイパスダクト 1 1 の横断面に相当する領域に、貫通口 1 2 b が一致するようバイパス弁 1 2 をスライド移動させる（図 2 4 B 参照）。なお、バイパス空気の流入を中間的に調整する場合は、バイパスダクト 1 1 の横断面に相当する領域に貫通口 1 2 b が一部掛かるようにして、開口割合を調整することで足りる。

これに対して、燃焼振動を低減させる際は、図 2 5 A, B に示すように、バイパス弁 1 2 をスライド移動させて、貫通口 1 2 b がバイパスダクト 1 1 の横断面に相当する領域に一致するよう選定する。つまり、バイパスダクト 1 1 が完全に開かれた状態にする。この状態で、板状部材 2 5 0 をスライド移動させて、バイパスダクト 1 1 の横断面に相当する領域に、燃焼振動における種々の周波数域に見合った貫通孔存在領域 A 1、A 2・・・が一致するよう選定する。例えば、



図 2 5 A は、貫通孔存在領域 A 1 を選定した状態で、図 2 5 B は、貫通孔存在領域 A 2 を選定した状態である。これにより、その周波数域の燃焼振動に対しての減衰の応答性が確保され、燃焼振動が低減される。

従って、バイパスダクトの本来の機能を損なうことなく、種々の周波数域に対する燃焼振動を確実に低減できる。

次に、本発明の第 1 7 実施形態について、図 2 6、図 2 7 を参照しながら説明する。本第 1 7 実施形態の特徴は、第 1 6 実施形態と同様に、バイパスダクト 1 1 の本来の機能を損なうことなく、燃焼振動を低減できるように図るとともに、周波数域の異なる種々の燃焼振動に対し、容易に対応可能にするよう図り、更に構成を簡単にするよう図った点にある。

つまり、本実施形態では、図 2 6、図 2 7 に示すように、第 1 6 実施形態におけるバイパス弁 1 2 を排除し、その代替として板状部材 2 5 0 には、貫通孔存在領域 A 1、A 2・・・、及び貫通領域 B に加えて、バイパスダクト 1 1 の横断面 1 1 c と略同一の大きさで、貫通孔 2 5 1 が存しない貫通孔不存在領域 C が形成されている。

このような構成のもと、バイパス空気の流量を調整する際は、板状部材 2 5 0 を適宜スライド移動させて、貫通孔存在領域 A 1、A 2・・・、貫通領域 B、又は貫通孔不存在領域 C が、バイパスダクト 1 1 の横断面に相当する領域に一致するよう選定する。これにより、バイパス弁 1 2 の開閉度合いが調整され、バイパスダクト 1 1 の本来の機能であるバイパス空気の流量調整がなされる。

他方、燃焼振動を低減させる際は、板状部材 2 5 0 をスライド移動させて、バイパスダクト 1 1 の横断面に相当する領域に、燃焼振動における種々の周波数域に見合った貫通孔存在領域 A 1、A 2・・・が一致するように選定する。これにより、その周波数域の燃焼振動に対しての減衰の応答性が確保され、燃焼振動が低減される。

従って、第 1 6 実施形態と同様に、バイパスダクトの本来の機能を損なうことなく、種々の周波数域に対する燃焼振動を確実に低減できるし、更に、第 1 6 実施形態のようなバイパス弁 1 2 を別個に設ける必要がない、すなわち、バイパス弁 1 2 の機能を板状部材 2 5 0 が兼用することから、構成を簡単にできるという

利点がある。

次に、本発明の第 18 実施形態について、図 28 を参照しながら説明する。本第 18 実施形態の特徴は、第 15 ～ 第 17 実施形態の燃焼器 3 において、燃焼振動の低減度合いを調整可能にした点にある。これは、燃焼振動の低減される度合いが、バイパスダクト 11 における車室 5 への開口端（図 19、図 21、図 26 では他端 11b）から板状部材 250 までの距離 L で変動するからである。

そこで、本実施形態では、バイパスダクト 11 における他端部 11b に、その軸方向に突出可能で所定長さを有した筒状部材 255 が嵌挿されている。これにより、筒状部材 255 を突出させることで、距離 L が実質的に板状部材 250 から筒状部材 255 の先端までに延長される。従って、筒状部材 255 の突出量を調整することで、距離 L の調整が自在となることから、その距離 L によって変動する燃焼振動の低減度合いの調整が可能となる。その結果、燃焼振動を十分低減できるように設定できる。

次に、本発明の第 19 実施形態について、図 29 を参照しながら説明する。本第 19 実施形態の特徴は、流体粒子の振動を誘発する共鳴用の空気が、第 15 ～ 第 18 実施形態における燃焼器 3 では車室 5 内の空気であるのに対し、本実施形態ではバイパスダクト 11 内の空気とする点にある。

つまり、本実施形態では、図 29 に示すように、バイパスダクト 11 における一端 11a の近傍で、これを横断するように隔壁 260 が配設されており、この隔壁 260 には、隔壁 260 を嵌通し少なくとも一方の面に突出する突出管 261 が設けられている。更に、この突出管 261 内には、多数の貫通孔を有する抵抗体 262 が挿嵌されている。この抵抗体 262 は、例えば、パンチングメタル、セラミック焼結金属、焼結金網が適用される。

このような構成のもと、バイパスダクト 11 は、内筒 6 内の燃焼領域で生じた燃焼振動の振動要素である流体粒子に対しての共鳴用の空気を收容する空気收容体として機能する。また、隔壁 260 及び突出管 261 は、尾筒 7 とバイパスダクト 11 とをつなぐ中継体として機能する。また、抵抗体 262 は、突出管 261 内を横断する横断体として機能し、更にこれが有する貫通孔は、バイパスダクト 11 内の空気との共鳴で流体粒子が振動される通気孔として機能する。こうし

て、内筒 6 内の燃焼領域で生じた燃焼振動に関しては、流体粒子は、尾筒 7 を經由して伝播し、次いでバイパスダクト 1 1 の一端 1 1 a から導入されて突出管 2 6 1 内の抵抗体 2 6 2 に有効に捕捉される。そして、突出管 2 6 1 で連結されたバイパスダクト 1 1 内における隔壁 2 6 0 から他端 1 1 b まで空間の空気と共鳴して、抵抗体 2 6 2 付近で振動する。この振動により、流体粒子の振幅が減衰され、その燃焼振動が低減されていく。その結果、安定的な低 NO<sub>x</sub> 化を実現できる。

なお、図 2 9 では、隔壁 2 6 0 に対して突出管 2 6 1 及び抵抗体 2 6 2 が 1 つずつ配設されているが、2 つ以上ずつ連設されても勿論構わない。

次に、本発明の第 2 0 実施形態について、図 3 0 を参照しながら説明する。本第 2 0 実施形態の特徴は、第 1 9 実施形態の燃焼器 3 において燃焼振動を効率よく低減させるように図った点にある。

つまり、本実施形態では、図 3 0 に示すように、隔壁 2 6 0 を複数連設し、これら各隔壁 2 6 0 に突出管 2 6 1 及び抵抗体 2 6 2 を備えている。これにより、流体粒子は、各突出管 2 6 1 で連結された隔壁間 2 6 0 の各空間の空気と共鳴して、各抵抗体 2 6 2 付近で振動し、その振幅が減衰される。従って、流体粒子を多くの個所で振動させることが可能となり、燃焼振動を効率よく低減できる。

次に、本発明の第 2 1 実施形態について説明する。本第 2 1 実施形態の特徴は、第 1 5 ～ 第 2 0 実施形態の燃焼器 3 において燃焼振動をより十分に低減させるように図った点にあり、その構成の一例を図 3 1 に示す。

図 3 1 に示すように、第 1 5 ～ 第 1 8 実施形態に準じた板状部材 2 5 0 に加え、バイパスダクト 1 1 の側壁の外側に箱体 2 3 0 が配設されており、この箱体 2 3 0 内の空洞によって所定容積の内部空間 2 3 1 が形成されている。また、箱体 2 3 0 は、所定長さを有する管状のスロート 2 3 2 を介してバイパスダクト 1 1 の側壁に連結されていて、このスロート 2 3 2 は、バイパスダクト 1 1 内に開口するとともに、内部空間 2 3 1 に開口している。

更に、スロート 2 3 2 内には、多数の貫通孔を有する抵抗体 2 3 3 が挿嵌されている。この抵抗体 2 3 3 は、第 1 9、第 2 0 実施形態における抵抗体 2 6 2 と同様、例えば、パンチングメタル、セラミック焼結金属、焼結金網である。

このような構成のもと、内筒 6 内の燃焼領域で生じた燃焼振動に関しては、流体粒子は、板状部材 250 における貫通孔 251 での振動に加えて、スロート 232 で連結された内部空間 231 の空気と共鳴して、スロート 232 における抵抗体 233 付近で振動し、その振幅が減衰される。従って、燃焼振動をより十分に低減させることが可能となる。

なお、図 31 では、第 15～第 18 実施形態に準じた構成を基本として、本実施形態の特徴的な構成である箱体 230 等を付加させているが、勿論第 19、第 20 実施形態に準じた構成に付加させても構わない。また、スロート 232 で連結する対象は、バイパスダクト 11 の壁面に限らず、内筒 6 や尾筒 7 の壁面であってもよい。

続いて、本発明の第 22～第 31 実施形態について、順に図面を参照しながら説明する。図 32 は本発明の第 22 実施形態である燃焼器の要部縦断面図、図 33 はその燃焼器の共鳴器及び第 1 の箱体を円周方向に切断して展開した断面展開図である。なお、図中で図 47 と同じ名称で同じ機能を果たす部分には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。後述する第 23～第 31 実施形態においても同様とする。

本第 22 実施形態の燃焼器 3 は、図 47 に示すようなガスタービン 1 に適用されるものであって、図 32 に示すように、内筒 6 の前端に尾筒 7 が連結されて筒体が構成され、この筒体の内部に燃焼ガスとともに燃焼振動が生成される燃焼領域 F を有する。尾筒 7 の側壁には、バイパスダクト 11 が連結されており、その一端は尾筒 7 内に開口し、他端は筒体の周囲を形成する車室 5（不図示）内に開口している。

尾筒 7 における燃焼領域 F 近傍の側壁外周には、共鳴器 320（以下「音響ライナ」と記すことがある）が環装されており、この音響ライナ 320 の側壁及び前後端壁と尾筒 7 の側壁とによって空洞 321 が形成される。更に、尾筒 7 のその側壁には、内部から空洞 321 に貫通した複数の吸音孔 322 が規則的に配列されて形成されている。

また、図 32、図 33 に示すように、音響ライナ 320 の前端壁の外側には、尾筒 7 の側壁に沿って第 1 の箱体 330 が隣接配置されており、この第 1 の箱体

330の側壁及び前端壁と、音響ライナ320の前端壁と、尾筒7の側壁と、によって所定容積の第1の内部空間331が形成される。更に、音響ライナ320の前端壁には、第1の内部空間331に向けて突出する所定長さの第1のスロート332が設けられており、この第1のスロート332は、一端332aが音響ライナ320の空洞321に開口するとともに、他端332bが第1の内部空間331に開口している。

このような構成のもと、第1の箱体330は、内筒6内の燃焼領域で生じた燃焼振動の低周波数域の振動要素である流体粒子に対しての共鳴用の空気を収容する空気収容体として機能する。また、音響ライナ320及び第1のスロート332は、尾筒7と第1の箱体330とをつなぐ中継体として機能する。また、尾筒7の側壁は、音響ライナ320内を横断する横断体として機能し、更にこれが有する吸音孔322は、第1の箱体330内の空気との共鳴で低周波域の流体粒子が振動される通気孔として機能する。こうして、燃焼領域Fで生じた燃焼振動に関しては、その燃焼振動のうち高周波数域の振動要素である流体粒子は、音響ライナ320内の空洞321の空気と共鳴して、吸音孔322を通じて振動し、その振幅が減衰されていく。

他方、低周波数域の振動要素である流体粒子は、空洞321及び第1のスロート332を経て第1の内部空間331の空気と共鳴して、吸音孔322を通じて振動し、その振幅が減衰されていく。こうして周波数域を問わず燃焼振動が低減され、その結果、安定的な低NO<sub>x</sub>化が実現される。

なお、図32、図33では、第1の箱体330に対して第1のスロート332が1つ配設されているが、2つ以上配設されても勿論構わない。

次に、本発明の第23実施形態について、図34、図35を参照しながら説明する。本第23実施形態の特徴は、第22実施形態において、特に高周波数域の燃焼振動に対する弊害を回避するよう図った点にある。これは、高周波数域の流体粒子が、所望する音響ライナ320内の空洞321の空気との共鳴以外に、更に第1のスロート332を経て第1の内部空間331の空気と共鳴する場合があります、この場合、吸音孔322での流体粒子の振動が不十分となり、結果として高周波数域の燃焼振動に対しての低減効果が薄れてしまうからである。

そこで、本実施形態では、図 3 4、図 3 5 に示すように、第 1 のスロート 3 3 2 の一端 3 3 2 a には、多数の貫通孔を有する第 1 の抵抗体 3 3 3 が挿嵌されている。この第 1 の抵抗体 3 3 3 は、例えば、パンチングメタル、セラミック焼結金属、焼結金網である。

このようにすると、高周波数域の燃焼振動に対しては、第 1 の抵抗体 3 3 3 が障壁となって第 1 の内部空間 3 3 1 の空気との共鳴が抑止される。これにより、音響ライナ 3 2 0 内の空洞 3 2 1 の空気との共鳴が確保されることになるため、流体粒子は吸音孔 3 2 2 を通じて有効に振動し、その振幅が減衰されるわけである。なお、低周波数域の燃焼振動に対しては、第 1 の内部空間 3 3 1 の空気との共鳴が確保されることになるが、流体粒子は、第 1 の抵抗体 3 3 3 が抵抗となってこれに有効に捕捉されてこの付近で振動し、その振幅が減衰される。

次に、本発明の第 2 4 実施形態について、図 3 6、図 3 7 を参照しながら説明する。本第 2 4 実施形態の特徴は、第 2 3 実施形態において、特に低周波数域の燃焼振動へ配慮した点にある。これは、燃焼振動が低周波領域である場合、第 2 2 実施形態における第 1 のスロート 3 3 2 内の断面積を小さくする必要があるが、そうすると、必然的に第 1 の抵抗体 3 3 3 の存在領域が小さくなるため、捕捉できる流体粒子の割合が減り、全体として燃焼振動低減への寄与度が不十分となるからである。

そこで、本実施形態では、図 3 6、図 3 7 に示すように、第 1 のスロート 3 3 2 として、内周が他端 3 3 2 b から一端 3 3 2 a に向けて中央付近で急拡大するような段付管状のものが適用されており、一端 3 3 2 a の開口面積が他端 3 3 2 b に対して広がっている。この一端 3 3 2 a に、第 1 の抵抗体 3 3 3 が挿嵌されている。

このようにして、第 1 のスロート 3 3 2 内すなわち他端 3 3 2 b の断面積を小さくしつつ、第 1 の抵抗体 3 3 3 の存在領域を拡大させることができるため、低周波数域の流体粒子に対しての捕捉割合が増し、これにより全体として燃焼振動低減への寄与度が十分となる。従って、低周波数域の燃焼振動を全体として十分に低減させることが可能となる。

なお、第 1 のスロート 3 3 2 として、内周が徐々に拡大するようなラッパ状の

ものが適用されても、同様の効果が得られる。

次に、本発明の第 2 5 実施形態について、図 3 8、図 3 9 を参照しながら説明する。本第 2 5 実施形態の特徴は、第 2 4 実施形態において生じる弊害に配慮した点にある。これは、第 2 4 実施形態のように第 1 のスロート 3 3 2 における一端 3 3 2 a の開口面積が他端 3 3 2 b に対して広くなる、すなわち第 1 のスロート 3 3 2 内の容積が大きくなると、第 1 の抵抗体 3 3 3 で隔てられた第 1 のスロート 3 3 2 内の空間と音響ライナ 3 2 0 内の空洞 3 2 1 とにおける各々の圧力変動に、位相差が生じなくなる場合があり、この場合、第 1 の抵抗体 3 3 3 付近で流体粒子が振動しないため、このままでは低周波数域の燃焼振動を十分に低減させることができなくなるという弊害を引き起こすからである。

そこで、本実施形態では、図 3 8、図 3 9 に示すように、第 1 のスロート 3 3 2 における他端 3 3 2 b に、多数の貫通孔を有する抵抗体 3 3 4 が挿嵌されている。この抵抗体 3 3 4 は、第 1 の抵抗体 3 3 3 と同様に、例えば、パンチングメタル、セラミック焼結金属、焼結金網である。

このようにすると、第 1 の内部空間 3 3 1 と第 1 のスロート 3 3 2 内の空間とにおける各々の圧力変動には位相差が生じていることから、これを活用して流体粒子が抵抗体 3 3 4 付近で有効に振動するため、第 1 の抵抗体 3 3 3 付近での流体粒子の振動が不十分であっても、低周波数域の燃焼振動を十分に低減できる。

なお、抵抗体 3 3 4 の設置位置は、第 1 のスロート 3 3 2 における一端 3 3 2 a に対して断面積の小さい他端 3 3 2 b 側のいずれの位置であっても、同様の効果が得られる。

次に、本発明の第 2 6 実施形態について、図 4 0 を参照しながら説明する。本第 2 6 実施形態の特徴は、低周波数域の燃焼振動を全体として、より十分に低減させるように図った点にあり、第 2 2 ～第 2 5 実施形態の主要構成である第 1 の箱体 3 3 0 等が音響ライナ 3 2 0 に対して複数並設されている。

つまり、図 4 0 に示すように、音響ライナ 3 2 0 の前端壁の外側には、尾筒 7 の側壁に沿いながら円周方向に並設された 2 つの第 1 の箱体 3 3 0 が隣接配置されており、各第 1 の箱体 3 3 0 が形成する各第 1 の内部空間 3 3 1 は、それぞれに設けられた第 1 のスロート 3 3 2 を介して音響ライナ 3 2 0 の空洞 3 2 1 に関

口している。

これにより、第 1 の内部空間 3 3 1 の容積を全体として実質的に拡大させることができるため、低周波数域の燃焼振動に対して、第 1 の内部空間 3 3 1 の空気との共鳴効率が向上する。従って、この共鳴により引き起こされる流体粒子の振動効率が向上し、低周波数域の燃焼振動を全体としてより十分に低減させることが可能となるわけである。

ここで、図 4 0 では、第 2 2 実施形態の第 1 の箱体 3 3 0 等が音響ライナ 3 2 0 に対して 2 組並設されているが、勿論それ以上並設されてもよいし、また第 2 3 ～第 2 5 実施形態の第 1 の箱体 3 3 0 等が複数並設されてもよい。また、各第 1 の箱体 3 3 0 は、互いの第 1 の内部空間 3 3 1 を形成するために用いられる共有の第 1 の壁面 3 3 0 a を有していて、この第 1 の壁面 3 3 0 a を隔てて直接的に隣接しているが、別個独立に隣接配置されても構わない。

なお、並設された第 1 のスロート 3 3 2 における各他端 3 3 2 b 側の開口面積、又は長さ、若しくは各第 1 の箱体 3 3 0 で形成される各第 1 の内部空間 3 3 1 における容積を予め相互に異なるよう適宜定めておけば、各第 1 の箱体 3 3 0 等毎に対応する振動特性が異なるため、更に周波数域の異なる種々の燃焼振動に対して漏れなく対応できるようになる。

次に、本発明の第 2 7 実施形態について、図 4 1 を参照しながら説明する。本第 2 7 実施形態の特徴は、第 2 6 実施形態において、音響ライナ 3 2 0 内の空洞 3 2 1 での圧力変動の位相差の発生を抑止するよう図った点にある。これは、第 2 6 実施形態では、空洞 3 2 1 そのもので圧力変動の位相差が生じることがあり、その際、高周波数域の燃焼振動においては、吸音孔 3 2 2 を通じての流体粒子の振動が不十分となり、低周波数域の燃焼振動においては、吸音孔 3 2 2 を通じての流体粒子の振動や、第 1 の抵抗体 3 3 3 又は抵抗体 3 3 4 付近での流体粒子の振動が不十分となるため、このままでは燃焼振動を十分に低減させることができないからである。

そこで、本実施形態では、図 4 1 に示すように、音響ライナ 3 2 0 の空洞 3 2 1 における各第 1 のスロート 3 3 2 の各一端 3 3 2 a 相互の間に、それぞれ隔壁 3 2 3 が設けられている。



このようにすると、空洞 3 2 1 は第 1 のスロート 3 3 2 毎に隔壁 3 2 3 により分割され、これら個々の分割空間においては圧力変動の位相差の発生が抑えられる。従って、高周波数域の燃焼振動においては、吸音孔 3 2 2 を通じての流体粒子の振動が有効に十分なされ、低周波数域の燃焼振動においては、吸音孔 3 2 2 を通じての流体粒子の振動や、第 1 の抵抗体等付近での流体粒子の振動が有効に十分なされるため、燃焼振動を十分に低減できる。

次に、本発明の第 2 8 実施形態について、図 4 2 を参照しながら説明する。本第 2 8 実施形態の特徴は、第 2 6 実施形態において発生し得る音響ライナ 3 2 0 内の空洞 3 2 1 での圧力変動の位相差に関して、上記した第 2 7 実施形態では抑止するのに対し、有効に活用する点にある。

つまり、本実施形態では、図 4 2 に示すように、第 2 6 実施形態における音響ライナ 3 2 0 内の空洞 3 2 1 に設けた隔壁 3 2 3 に多数の貫通孔が形成されていて、この隔壁 3 2 3 が抵抗体としての役割を果たす。これにより、隔壁 3 2 3 で隔てられて隣接する音響ライナ 3 2 0 内の分割空間同士においては、互いの圧力変動を比較すると実質的に位相差が生じていることから、その隔壁 3 2 3 の貫通孔を通じて流体粒子が有効に振動するようになり、燃焼振動をより十分に低減できるわけである。

次に、本発明の第 2 9 実施形態について、図 4 3 を参照しながら説明する。本第 2 9 実施形態の特徴は、第 2 6 ～ 第 2 8 実施形態において、相互に隣接する第 1 の箱体 3 3 0 同士間に発生し得る圧力変動の位相差を有効に活用し、低周波数域の燃焼振動のより十分な低減を図った点にある。

つまり、本実施形態では、図 4 3 に示すように、各第 1 の箱体 3 3 0 の壁面のうち、互いの第 1 の内部空間 3 3 1 を形成するために用いられる共有の第 1 の壁面 3 3 0 a に多数の貫通孔が形成されていて、この第 1 の壁面 3 3 0 a が抵抗体としての役割を果たす。これにより、第 1 の壁面 3 3 0 a で隔てられて隣接する第 1 の内部空間 3 3 1 同士においては、互いの圧力変動を比較すると実質的に位相差が生じていることから、その第 1 の壁面 3 3 0 a の貫通孔を通じて流体粒子が有効に振動するようになり、低周波数域の燃焼振動をより十分に低減できるわけである。

次に、本発明の第 30 実施形態について、図 44 を参照しながら説明する。本第 30 実施形態の特徴は、燃焼振動の問題の他に、燃焼器 3 に特有の以下の問題を解消し得るよう図った点にある。

第 1 の問題は、共鳴器 3 が外周に環装された筒体である内筒 6 や尾筒 7 は、内部に燃焼領域 F を有するため、連続的に加熱される環境下であり、ひいては音響ライナ 320 や第 1 の箱体 330 にも加熱状況が及ぶ。従って、これら筒体や音響ライナ 320 等の過剰な温度上昇を防止することが要求される。

第 2 の問題は、音響ライナ 320 内や第 1 の箱体 330 内には、筒体内の燃焼領域 F で生成した燃焼ガスの一部が、吸音孔 322 を経て、更には第 1 のスロート 332 を経て流入する場合があります、この場合、その一部の燃焼ガスに含まれる燃料や水蒸気が液化して不用意に溜まってしまう。従って、この不用意な滞留液体を音響ライナ 320 や第 1 の箱体 330 の外部に排出することが要求される。

そこで、本実施形態では、図 44 に示すように、音響ライナ 320 及び第 1 の箱体 330 には、冷却用流体、すなわち圧縮機 2 から車室 5 内に流入した圧縮空気をそれぞれの外部から内部に導入する音響ライナ冷却用の流体導入孔 324、及び第 1 の箱体冷却用の流体導入孔 335 が複数ずつ形成されている。これにより、音響ライナ 320 及び第 1 の箱体 330 は直接冷却され、これとともに、筒体である内筒 6 や尾筒 7 は間接的に冷却されるため、燃焼により生じるこれらの過剰な温度上昇を防止することが可能となり、上記の第 1 の問題は解消する。

また、音響ライナ 320 及び第 1 の箱体 330 における鉛直方向の最下部には、滞留液体をそれぞれの内部から外部に排出する音響ライナ用のドレイン孔 325、及び第 1 の箱体用のドレイン孔 336 が形成されている。これにより、音響ライナ 320 及び第 1 の箱体 330 の内部に溜まった不用意な滞留液体を外部に排出することが可能となり、上記の第 2 の問題は解消する。

次に、本発明の第 31 実施形態について、図 45、図 46 を参照しながら説明する。本第 31 実施形態の特徴は、燃焼振動を効率よく低減させるように図った点にあり、上記の第 22～第 30 実施形態の主要構成である第 1 の箱体 330 等があたかも複数連設されたような態様となっている。

つまり、本実施形態では、図 45、図 46 に示すように、第 1 の箱体 330 の

前端壁の外側に、これと同様の第2の箱体340が尾筒7の側壁に沿って連設されており、この第2の箱体340の側壁及び前端壁と、第1の箱体330の前端壁と、尾筒7の側壁と、によって所定容積の第2の内部空間341が形成される。更に、第1の箱体330の前端壁には、第2の内部空間341に向けて突出する所定長さの第2のスロート342が設けられており、この第2のスロート342は、第1の箱体330側に位置する一端342aが第1の内部空間331に開口するとともに、第2の箱体340側に位置する他端342bが第2の内部空間341に開口している。

更に、第2のスロート342の一端342aには、多数の貫通孔を有する第2の抵抗体343が挿嵌されている。この第2の抵抗体343は、第1の抵抗体333と同様に、例えば、パンチングメタル、セラミック焼結金属、焼結金網である。なお、図45、図46では、第22実施形態の構成（図32、図33参照）に第2の箱体340等を付加させているが、勿論第23～第30実施形態の構成（図34～図44参照）に付加させてもよい。

これにより、低周波数域の流体粒子は、吸音孔322を通じての振動や、第1の抵抗体333等付近での振動に加えて、第2の内部空間341の空気と共鳴して、第2の抵抗体343付近で振動し、その振幅が減衰される。従って、流体粒子を多くの個所で振動させることが可能となり、低周波数域の燃焼振動を効率よく低減できることになる。

なお、図45、図46では、第1の箱体330に対して第2の箱体340が1つ連設されているが、2つ以上連設されても勿論構わない。その場合、隣接する第2の箱体340における第2の内部空間341同士をそれぞれ上記の第2のスロート342で連通することで足りる。

また、第24～第26実施形態の趣旨と同様に、低周波数域の燃焼振動への十分な対応を考慮して、以下のように変形することも可能である。第24実施形態における第1のスロート332に準じ、第2のスロート342における一端342aの開口面積が他端342bに対して広がっている。第25実施形態における第1のスロート332の抵抗体334に準じ、第2のスロート342における他端342b側に多数の貫通孔を有する抵抗体が挿嵌されている。第26実施形

態における第１の箱体３３０等に準じ、第２の箱体３４０等が複数並設されている。

更に、第２９実施形態の趣旨と同様に、並設されて相互に隣接する第２の箱体３４０同士間での圧力変動の位相差を活用すべく、並設されて相互に隣接する各第２の箱体３４０は、互いの第２の内部空間３４１を形成する共有の第２の壁面３４０ａを有しており、この第２の壁面３４０ａが抵抗体として多数の貫通孔を有するようにすることも可能である。

そして、第３０実施形態の趣旨と同様に、燃焼器３に特有の問題を解消し得るよう、第２の箱体３４０には、外部から内部に冷却用流体を導入する第２の箱体冷却用の流体導入孔が複数形成されていたり、更に、内部から外部に滞留液体を排出する第２の箱体用のドレイン孔が形成されていたりすることも可能である。

なお、上記した第２２～第３１実施形態において、第１のスロート３３１や第２のスロート３４１の横断面形状は、円形に限らず多角形であっても構わない。また、第１の箱体３３０や第２の箱体３４０が、それぞれの内部の空洞によって第１の内部空間３３１や第２の内部空間３４１を形成するようなものであってもよく、その場合には、それぞれ第１のスロート３３２や第２のスロート３４２により、音響ライナ３２０や第１の箱体３３０と連結することで足りる。

その他本発明は、上記の各実施形態及びこれらを具体的に適用した一例に限定されず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、種々の変更が可能である。

#### 産業上の利用の可能性

本発明は、低 $\text{NO}_x$ 化の実現が望まれるガスタービン燃焼器、及びガスタービンに有用である。

## 請求の範囲

1. 内部に燃焼領域を有する筒体よりなるガスタービン燃焼器において、  
前記燃焼領域で生じた燃焼振動の振動要素である流体粒子に対しての共鳴用の空気を收容する空気收容体と、一端が前記筒体に向けて開口するとともに、他端が前記空気收容体内に開口する所定長さの中継体と、この中継体内を横断し、前記空気收容体内の空気との共鳴で前記流体粒子が振動される通気孔を有する横断体と、を備える。
2. 請求の範囲 1 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記空気收容体は、前記筒体の外側に配設されて所定容積の第 1 の内部空間を形成する第 1 の箱体であり、前記中継体は、一端が前記燃焼領域又はその下流域に開口するとともに、他端が前記第 1 の内部空間に開口する第 1 のスロートであり、前記横断体は、前記通気孔として多数の貫通孔を有し、前記第 1 のスロートにおける前記一端に挿嵌された第 1 の抵抗体である。
3. 請求の範囲 2 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記筒体における前記燃焼領域又はその下流域に開口するとともに、前記筒体の周囲を形成する車室内に開口し、前記車室から前記筒体内にバイパス空気を供給する燃焼ガス濃度調整用のバイパスダクトが配設されており、このバイパスダクト内に前記第 1 のスロートにおける前記一端が開口している。
4. 請求の範囲 2 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記第 1 のスロートにおける前記一端の開口面積が前記他端に対して広い。
5. 請求の範囲 4 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記第 1 のスロートにおける前記他端側に多数の貫通孔を有する抵抗体が挿嵌されている。
6. 請求の範囲 4 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記第 1 のスロートにおける前記他端が前記第 1 の内部空間に突出しており、この突出部に多数の貫通孔が形成されている。
7. 請求の範囲 2 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記第 1 の箱体が複数並設されている。

8. 請求の範囲 7 に記載のガスタービン燃焼器において、

前記第 1 のスロートにおける前記各他端側の開口面積又は長さ、若しくは前記各第 1 の内部空間における容積のうち、少なくとも 1 つが前記第 1 の箱体毎に相互に異なる。

9. 請求の範囲 7 に記載のガスタービン燃焼器において、

前記各第 1 の内部空間の少なくとも 1 つに、多数の貫通孔を有する抵抗体が配設されている。

10. 請求の範囲 7 に記載のガスタービン燃焼器において、

前記各第 1 の箱体の少なくとも 1 つに、前記各第 1 の内部空間に突出して前記第 1 のスロートにおける前記他端からの連続通路を形成し多数の貫通孔を有した突出板が配設されている。

11. 請求の範囲 2 に記載のガスタービン燃焼器において、

前記第 1 の箱体の外側に少なくとも 1 つ連設されて各々所定容積の第 2 の内部空間を形成する第 2 の箱体と、相互に隣接する前記第 1、第 2 の内部空間にそれぞれ開口する所定長さの第 2 スロートと、を備え、前記各第 2 スロートにおいて前記第 1 の箱体側に位置する一端に多数の貫通孔を有する第 2 の抵抗体が挿嵌されている。

12. 請求の範囲 11 に記載のガスタービン燃焼器において、

前記第 2 のスロートにおける前記一端の開口面積が他端に対して広い。

13. 請求の範囲 12 に記載のガスタービン燃焼器において、

前記第 2 のスロートにおける前記他端側に多数の貫通孔を有する抵抗体が挿嵌されている。

14. 請求の範囲 12 に記載のガスタービン燃焼器において、

前記第 2 のスロートにおける前記他端が前記第 2 の内部空間に突出しており、この突出部に多数の貫通孔が形成されている。

15. 請求の範囲 11 に記載のガスタービン燃焼器において、

前記第 2 の箱体が複数並設されている。

16. 請求の範囲 15 に記載のガスタービン燃焼器において、

前記第 2 のスロートにおける前記各他端側の開口面積又は長さ、若しくは前記

各第 2 の内部空間における容積のうち、少なくとも 1 つが前記第 2 の箱体毎に相互に異なる。

17. 請求の範囲 15 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記各第 2 の内部空間の少なくとも 1 つに、多数の貫通孔を有する抵抗体が配設されている。

18. 請求の範囲 15 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記各第 2 の箱体の少なくとも 1 つに、前記各第 2 の内部空間に突出して前記第 2 のスロートにおける前記他端からの連続通路を形成し多数の貫通孔を有した突出板が配設されている。

19. 空気圧縮機と、請求の範囲 2 に記載のガスタービン燃焼器と、タービンと、を備えたガスタービン。

20. 請求の範囲 1 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記空気収容体は、前記筒体の外側に配設されて所定容積の内部空間を形成する箱体であり、前記中継体は、一端が前記燃焼領域よりも上流域に開口するとともに、他端が前記内部空間に開口するスロートであり、前記横断体は、前記通気孔として多数の貫通孔を有し、前記スロートにおける前記一端に挿嵌された抵抗体である。

21. 請求の範囲 20 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記箱体が前記筒体の周囲を形成する車室内に配設されている。

22. 互いに主軸で直結された空気圧縮機及びタービンと、これら空気圧縮機とタービンの間に配設された請求の範囲 20 に記載のガスタービン燃焼器と、を備えたガスタービン。

23. 互いに主軸で直結された空気圧縮機及びタービンと、これら空気圧縮機とタービンの間で前記主軸に対して同一円周上に配設された複数の請求の範囲 1 に記載のガスタービン燃焼器と、を備えたガスタービンにおいて、

前記空気収容体は、前記主軸と同軸状で前記各筒体における後端の外側に配設された第 1 の環状管体であり、前記中継体は、各一端が前記各燃焼領域よりも上流域に開口するとともに、各他端が前記第 1 の環状管体内に開口する第 1 のスロートであり、前記横断体は、前記通気孔として多数の貫通孔を有し、前記各第 1

のスロートにおける前記各一端に挿嵌された第 1 の抵抗体である。

24. 請求の範囲 23 に記載のガスタービンにおいて、

前記第 1 の環状管体内における前記各第 1 のスロートの前記各他端相互の間にそれぞれ第 1 の隔壁を設ける。

25. 請求の範囲 23 に記載のガスタービンにおいて、

前記主軸と同軸状で前記第 1 の環状管体の外側に少なくとも 1 つ連設された第 2 の環状管体と、前記各第 1 のスロートに対応するとともに、相互に隣接する前記第 1、第 2 の環状管体内にそれぞれ開口する所定長さの第 2 のスロートと、を備え、前記各第 2 のスロートにおいて前記第 1 の環状管体側に位置する各一端に多数の貫通孔を有する第 2 の抵抗体が挿嵌されている。

26. 請求の範囲 25 に記載のガスタービンにおいて、

前記第 2 の環状管体内における前記各第 2 のスロートの前記各他端相互の間にそれぞれ第 2 の隔壁を設ける。

27. 請求の範囲 1 に記載のガスタービン燃焼器において、

前記中継体は、一端が前記筒体における前記燃焼領域又はその下流域に開口するとともに、他端が前記筒体の周囲を形成する車室内に開口するバイパスダクトであり、前記空気収容体は、前記車室であり、前記横断体は、前記通気孔として多数の貫通孔を有した板状部材である。

28. 請求の範囲 27 に記載のガスタービン燃焼器において、

前記板状部材は、前記バイパスダクトに対する横断方向にスライド移動可能であって、前記バイパスダクトの横断面と略同一の大きさで、前記貫通孔の開口面積の占める割合が相互に異なる貫通孔存在領域を複数有する。

29. 請求の範囲 28 に記載のガスタービン燃焼器において、

前記車室から前記バイパスダクトを経由して前記筒体内に導入されるバイパス空気の流量を開閉度合いで調整するバイパス弁が、前記バイパスダクトに配設されており、前記板状部材が、前記バイパスダクトの横断面と略同一の大きさで貫通する貫通領域を有する。

30. 請求の範囲 28 に記載のガスタービン燃焼器において、

前記板状部材は、前記バイパスダクトの横断面と略同一の大きさで貫通する貫



通領域、及び、前記バイパスダクトの横断面と略同一の大きさで、前記貫通孔が存しない貫通孔不存在領域を有する。

31. 請求の範囲27に記載のガスタービン燃焼器において、

前記バイパスダクトにおける前記他端部に、その軸方向に突出可能で所定長さを有した筒状部材が嵌挿されている。

32. 請求の範囲1に記載のガスタービン燃焼器において、

前記空気収容体は、一端が前記筒体における前記燃焼領域又はその下流域に開口するとともに、他端が前記筒体の周囲を形成する車室内に開口するバイパスダクトであり、前記中継体は、前記バイパスダクトにおける前記一端の近傍で横断した隔壁と、この隔壁を嵌通し前記隔壁の少なくとも一方の面から突出する突出管とであり、前記横断体は、前記通気孔として多数の貫通孔を有し、前記突出管に挿嵌され抵抗体である。

33. 請求の範囲32に記載のガスタービン燃焼器において、

前記隔壁を複数連設し、これら各隔壁に前記突出管及び前記抵抗体を備える。

34. 請求の範囲27又は32に記載のガスタービン燃焼器において、

前記筒体の外側に配設されて所定容積の内部空間を形成する箱体と、前記燃焼領域又はその下流域に開口するとともに、前記内部空間に開口する所定長さのスロートと、を備え、前記スロートに多数の貫通孔を有する抵抗体が挿嵌されている。

35. 空気圧縮機と、請求の範囲27又は32に記載のガスタービン燃焼器と、タービンと、を備えたガスタービン。

36. 請求の範囲1に記載のガスタービン燃焼器において、

前記筒体には、空洞を有する共鳴器が外周に環装されるとともに、前記空洞に開口する吸音孔が形成されており、

前記空気収容体は、前記共鳴器に隣接配置されて所定容積の第1の内部空間を形成する第1の箱体であり、前記中継体は、前記共鳴器と、一端が前記空洞に開口するとともに、他端が前記第1の内部空間に開口する第1のスロートとであり、前記横断体は、前記通気孔として前記吸音孔を有する前記筒体の側壁である。

37. 請求の範囲36に記載のガスタービン燃焼器において、

前記第 1 のスロートにおける前記一端に多数の貫通孔を有する第 1 の抵抗体が挿嵌されている。

38. 請求の範囲 37 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記第 1 のスロートにおける前記一端の開口面積が前記他端に対して広い。

39. 請求の範囲 38 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記第 1 のスロートにおける前記他端側に多数の貫通孔を有する抵抗体が挿嵌されている。

40. 請求の範囲 36 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記第 1 の箱体が、前記共鳴器に対して複数並設されている。

41. 請求の範囲 40 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記共鳴器の前記空洞における前記各第 1 のスロートの前記各一端相互の間にそれぞれ隔壁を設ける。

42. 請求の範囲 41 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記隔壁が多数の貫通孔を有する抵抗体である。

43. 請求の範囲 40 に記載のガスタービン燃焼器において、  
並設されて相互に隣接する前記各第 1 の箱体は、互いの前記第 1 の内部空間を形成する共有の第 1 の壁面を有しており、前記第 1 の壁面が多数の貫通孔を有する抵抗体である。

44. 請求の範囲 36 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記共鳴器及び前記第 1 の箱体に、それぞれの外部から内部に冷却用流体を導入する流体導入孔が複数形成されている。

45. 請求の範囲 36 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記共鳴器及び前記第 1 の箱体に、それぞれの内部から外部に滞留液体を排出するドレイン孔が形成されている。

46. 請求の範囲 36 に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記第 1 の箱体の外側に少なくとも 1 つ連設されて各々所定容積の第 2 の内部空間を形成する第 2 の箱体と、相互に隣接する前記第 1、第 2 の内部空間にそれぞれ開口する所定長さの第 2 スロートと、を備え、前記各第 2 スロートにおいて前記第 1 の箱体側に位置する一端に多数の貫通孔を有する第 2 の抵抗体が挿嵌さ

れている。

47. 請求の範囲46に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記第2のスロートにおける前記一端の開口面積が他端に対して広い。

48. 請求の範囲47に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記第2のスロートにおける前記他端側に多数の貫通孔を有する抵抗体が挿嵌  
されている。

49. 請求の範囲46に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記第2の箱体が、前記第1の箱体に対して複数並設されている。

50. 請求の範囲49に記載のガスタービン燃焼器において、  
並設されて相互に隣接する前記各第2の箱体は、互いの前記第2の内部空間を  
形成する共有の第2の壁面を有しており、前記第2の壁面が多数の貫通孔を有す  
る抵抗体である。

51. 請求の範囲46に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記第2の箱体に、外部から内部に冷却用流体を導入する流体導入孔が複数形  
成されている。

52. 請求の範囲46に記載のガスタービン燃焼器において、  
前記第2の箱体に、内部から外部に滞留液体を排出するドレイン孔が形成され  
ている。

53. 空気圧縮機と、請求の範囲36に記載のガスタービン燃焼器と、ター  
ビンと、を備えたガスタービン。

図1

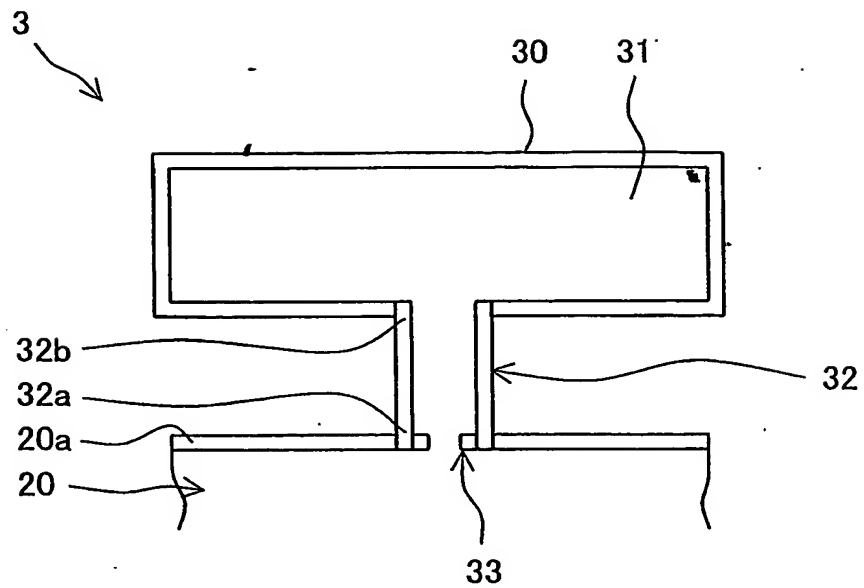


図2

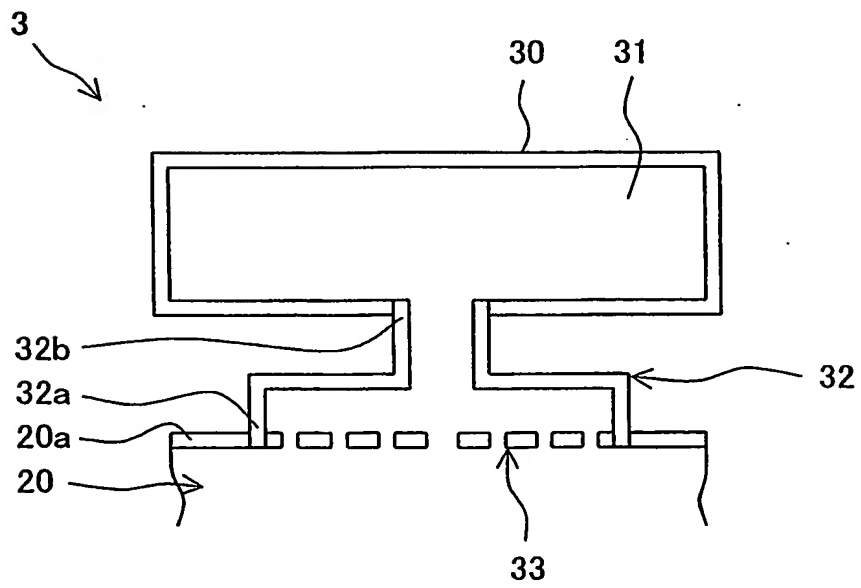


図3

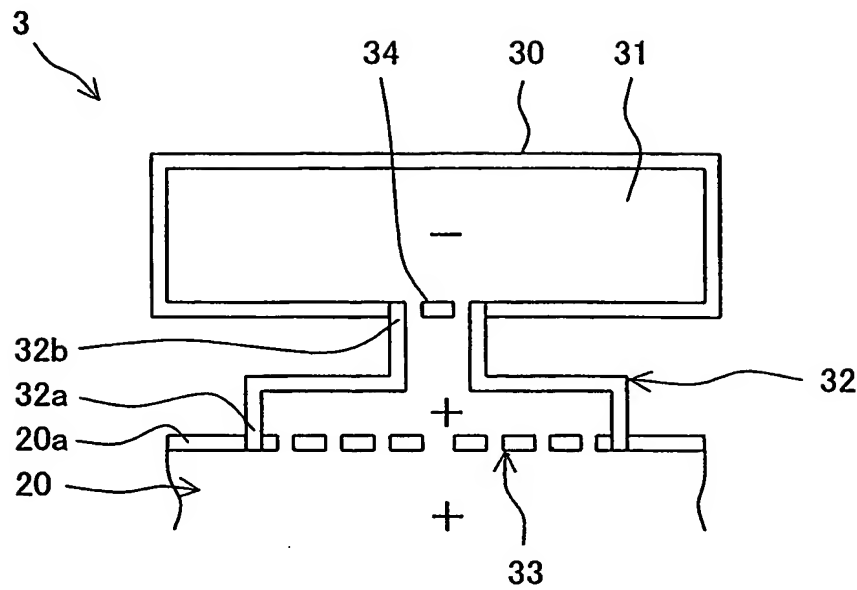


図4

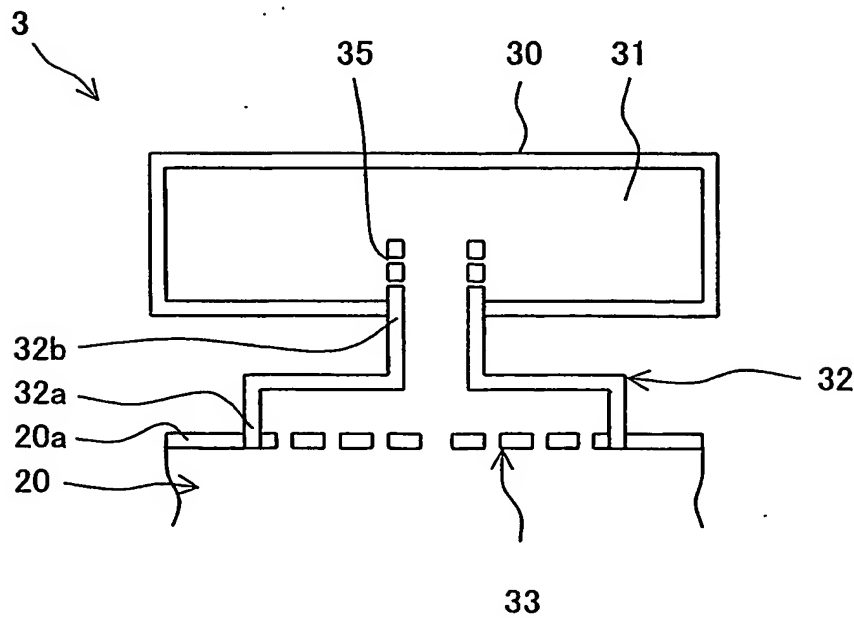


図5

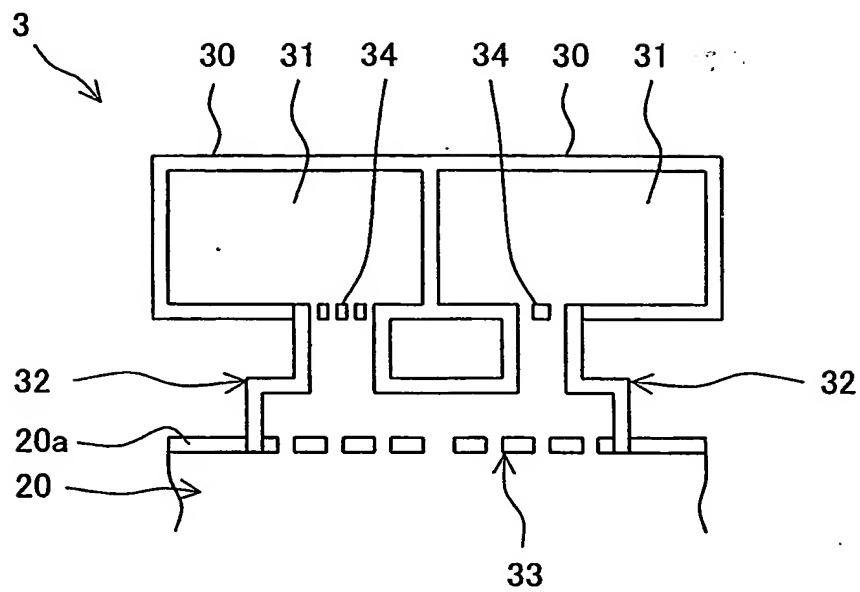


図6

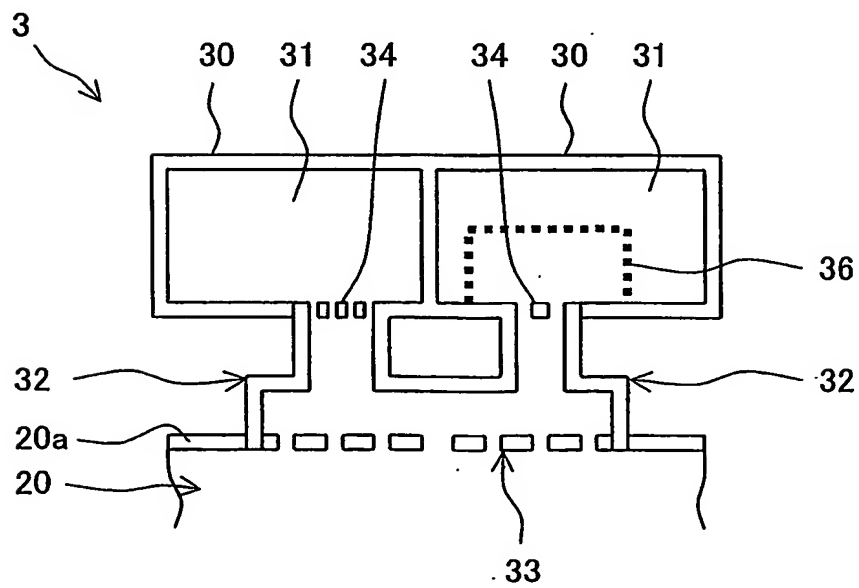


図7

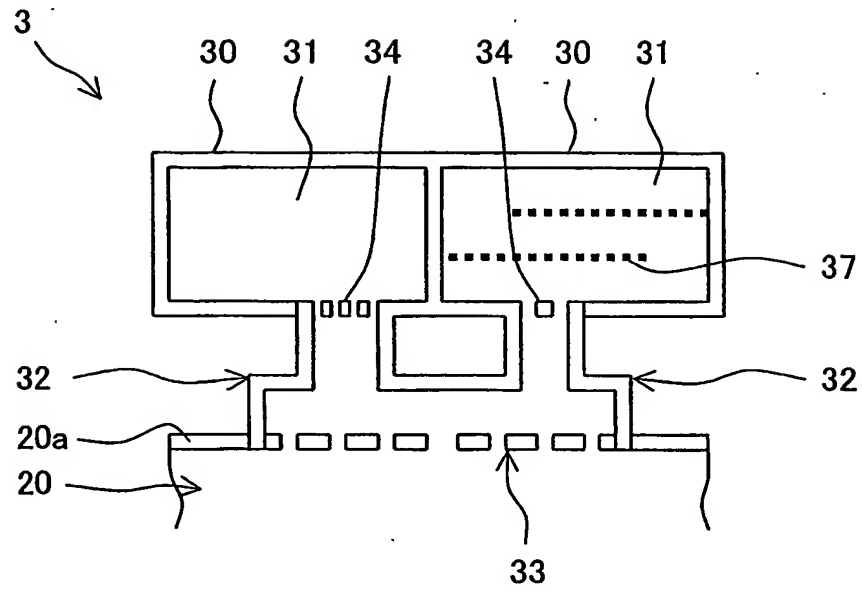


図8

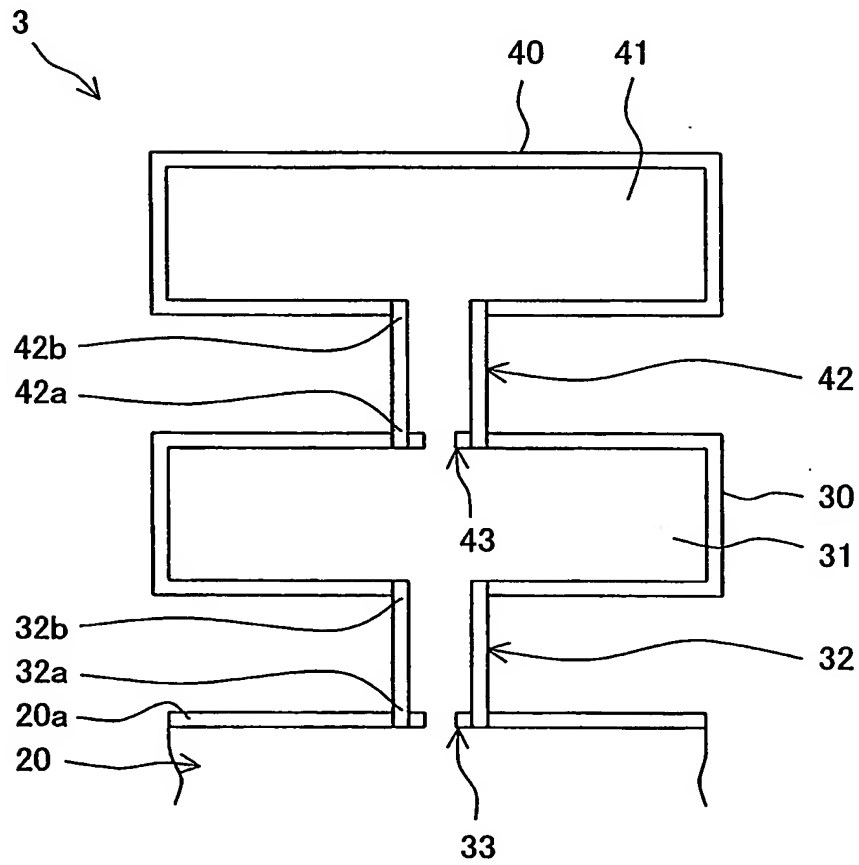


図9

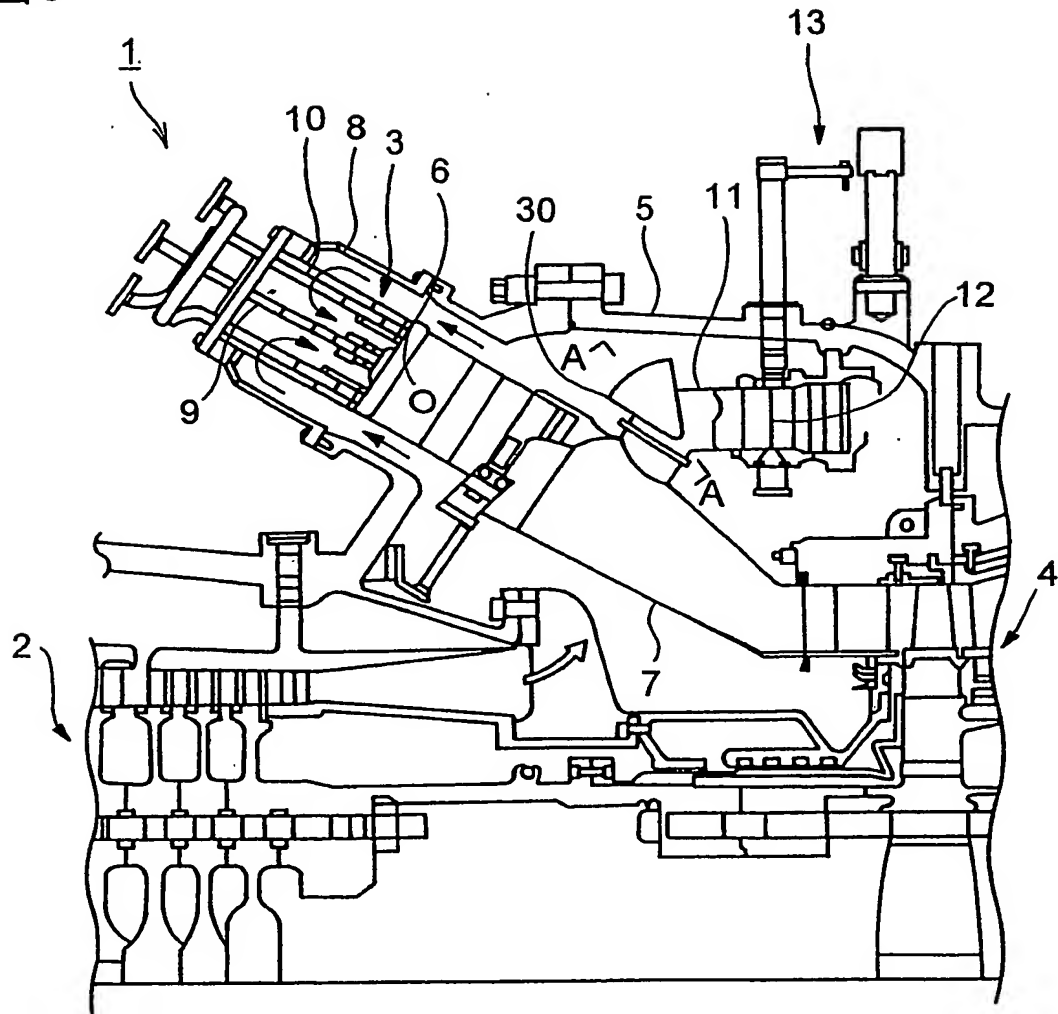




図10

A—A

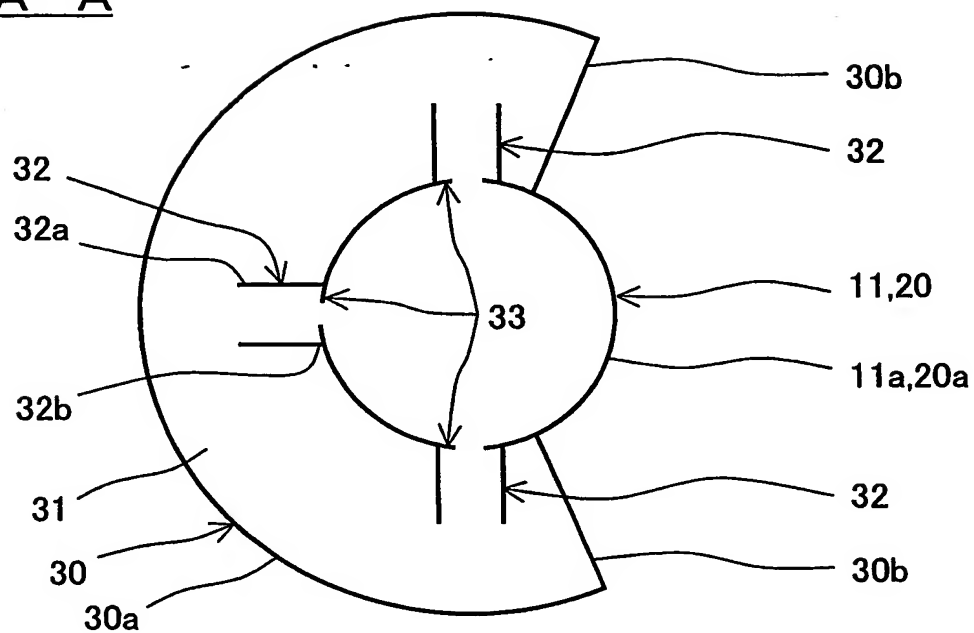


図11

A—A

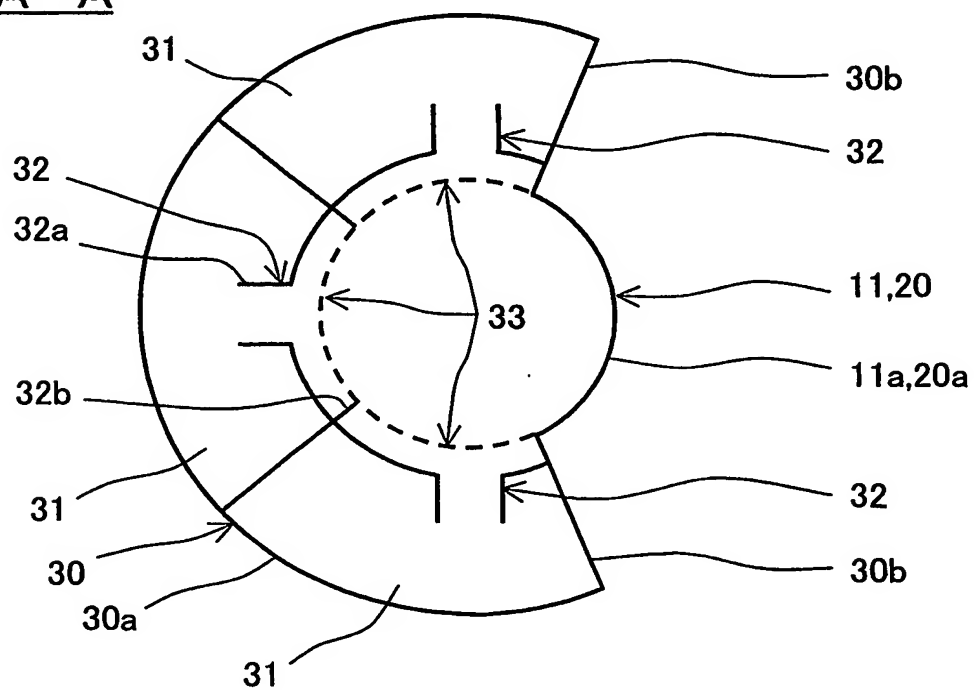


図 1 2

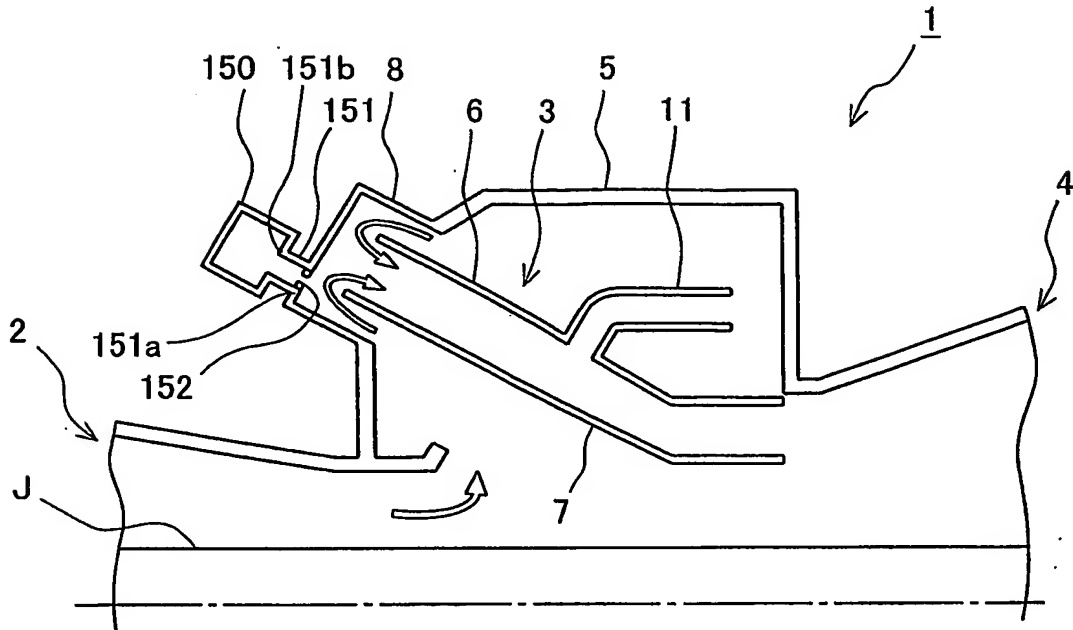


図 1 3

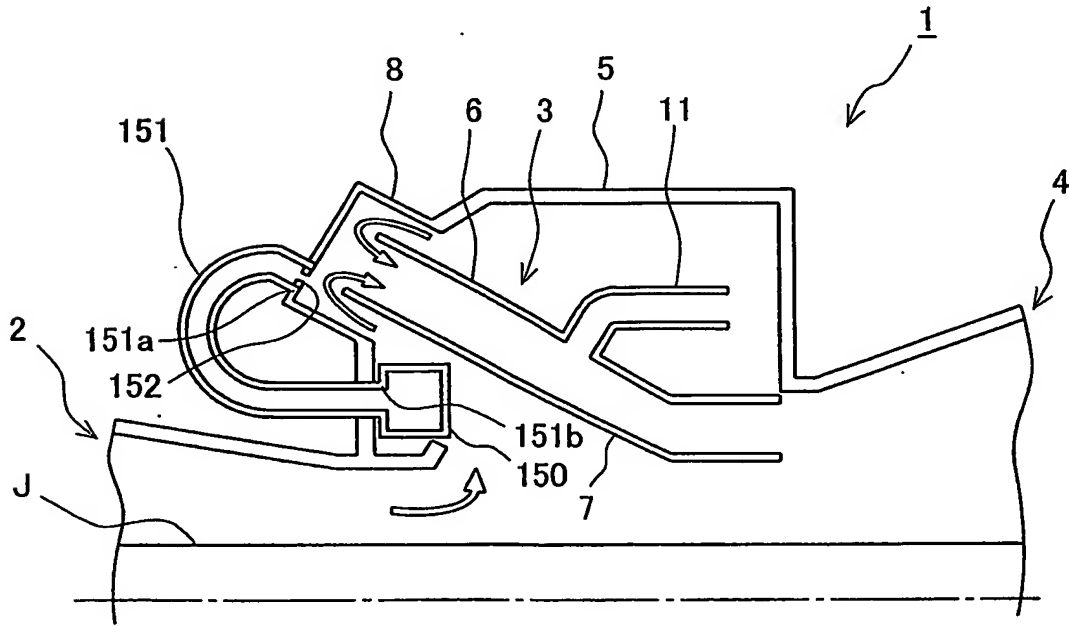


図14

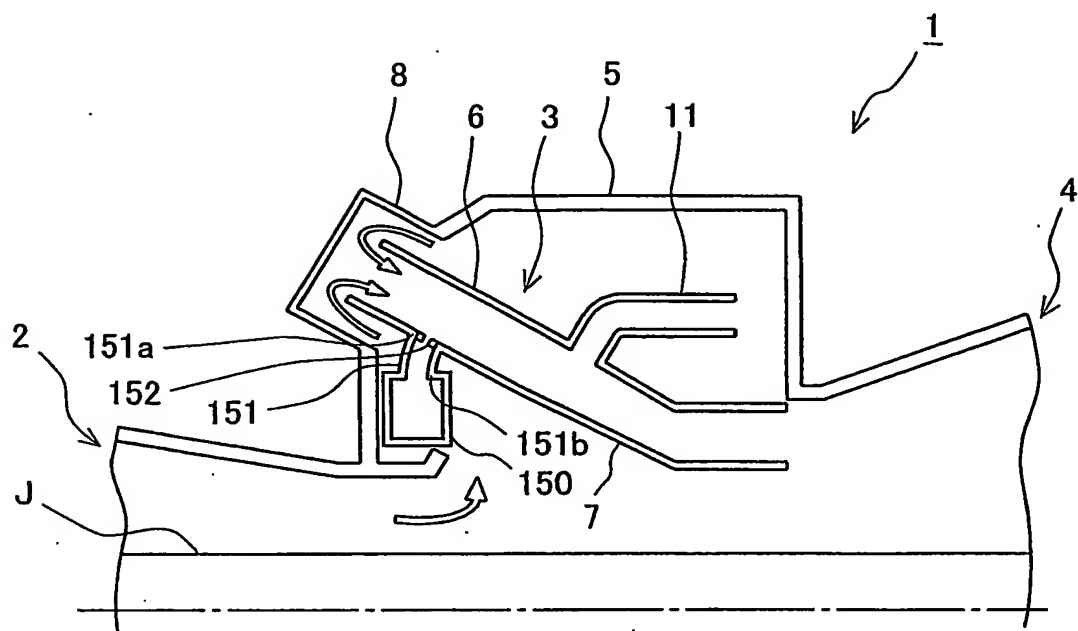


図15

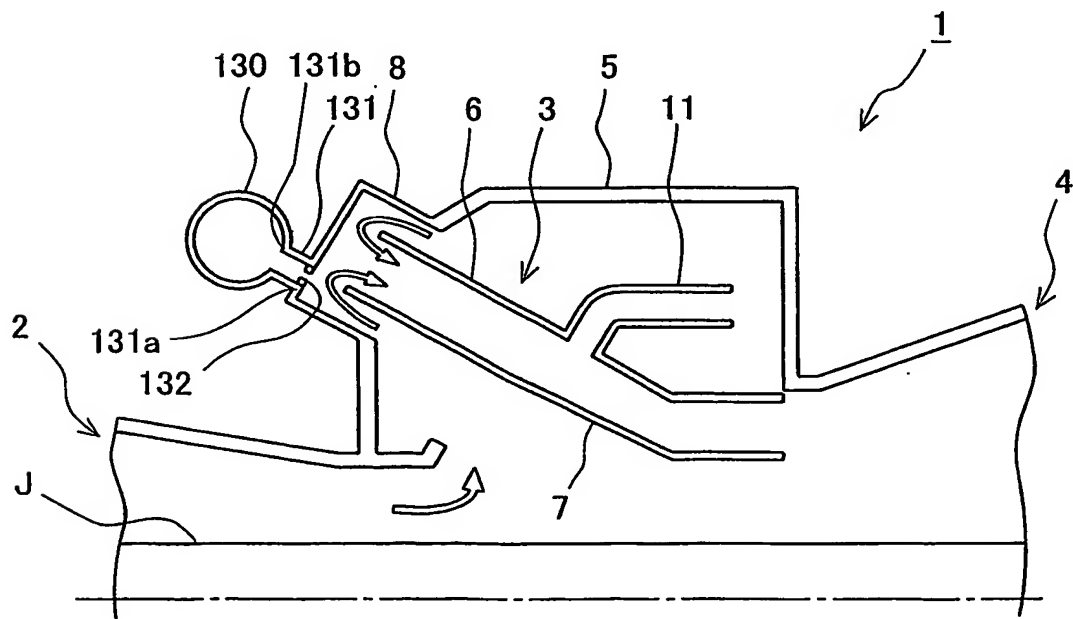


図 1 6

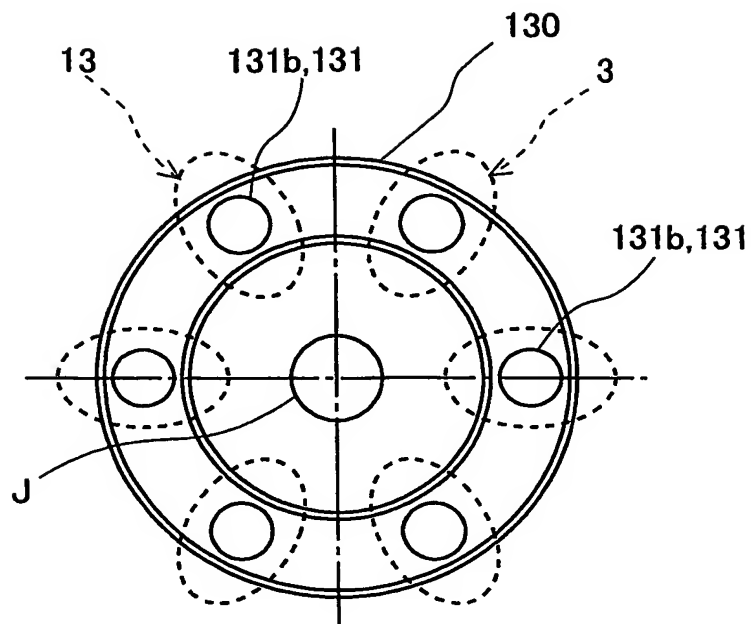


図 1 7

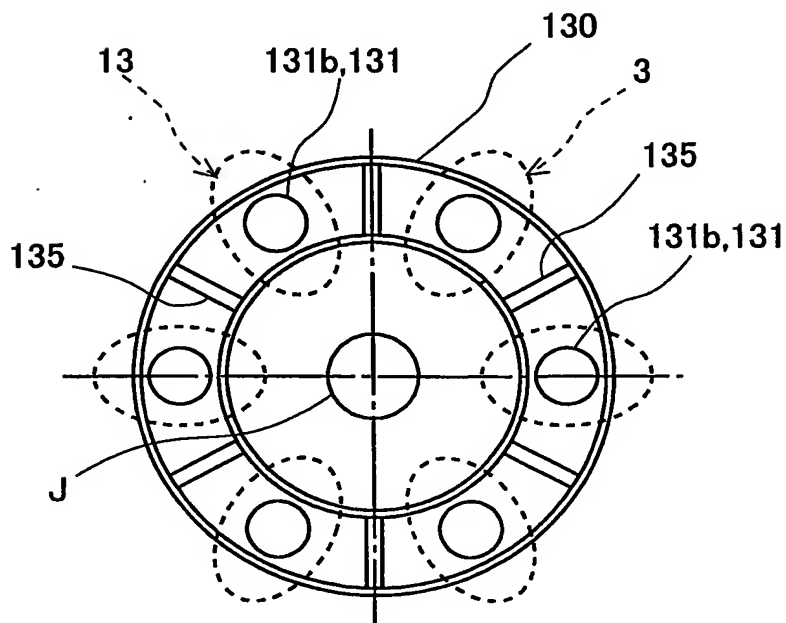


図 18

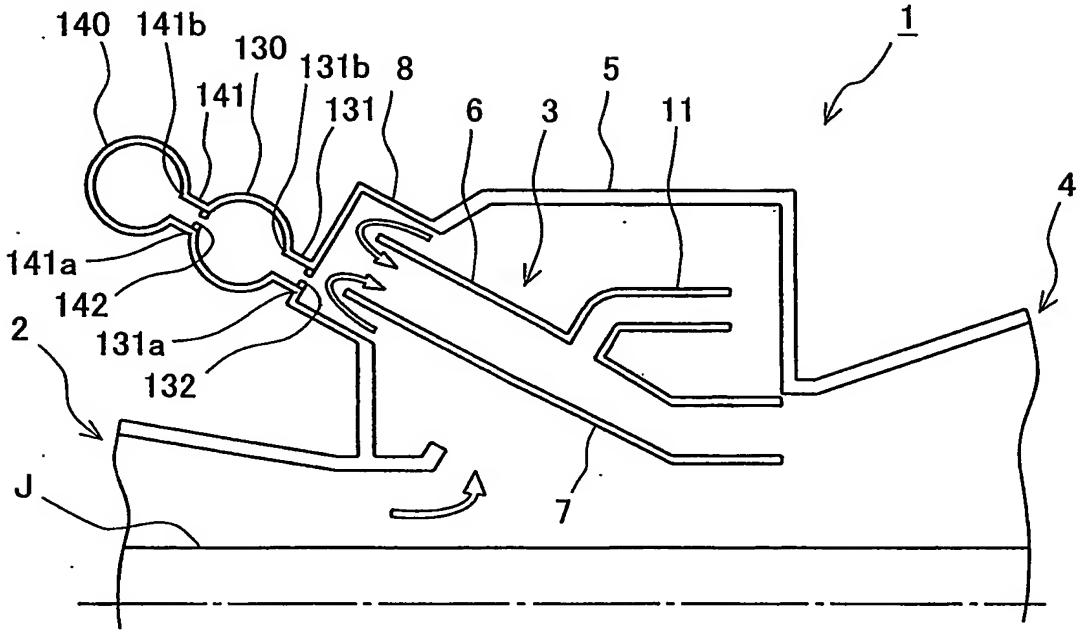


図 19

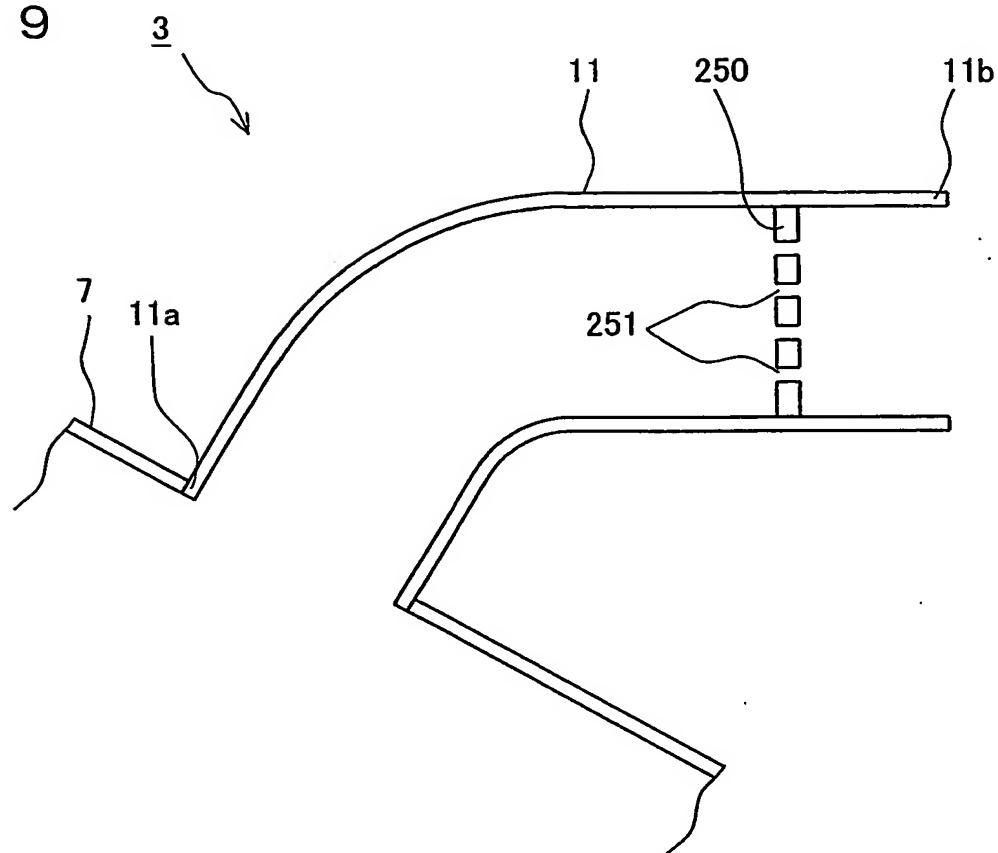


図 20

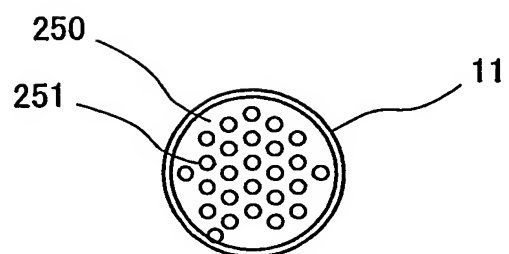


図 2 1

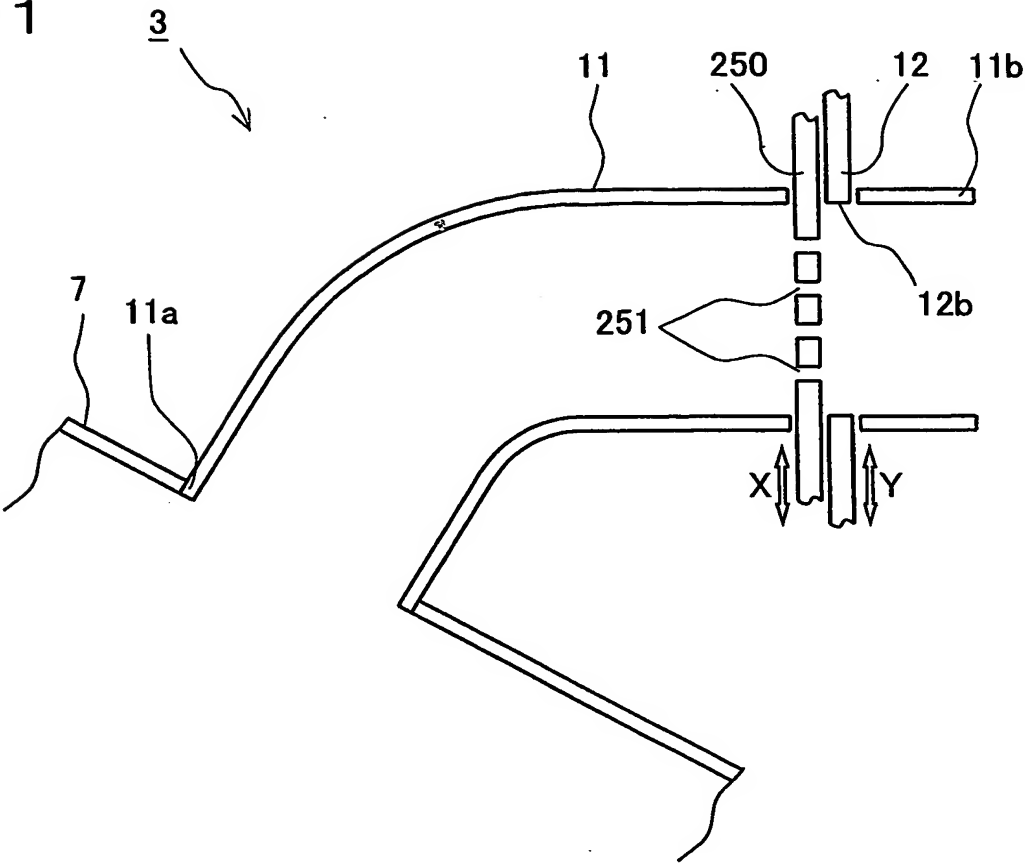


図 2 2

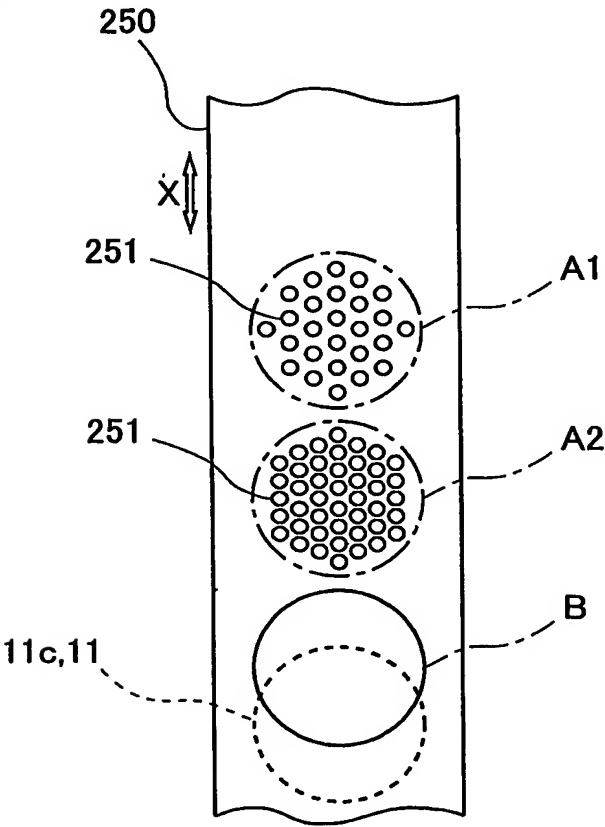


図 2 3

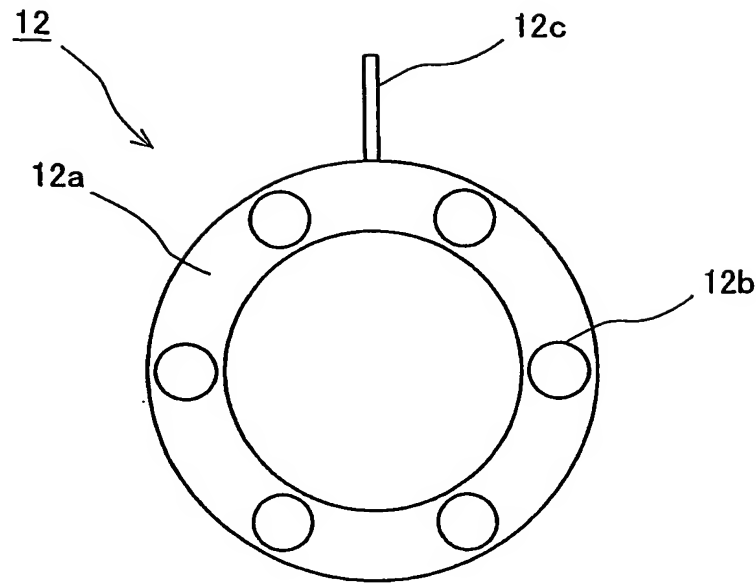


図 2 4 A

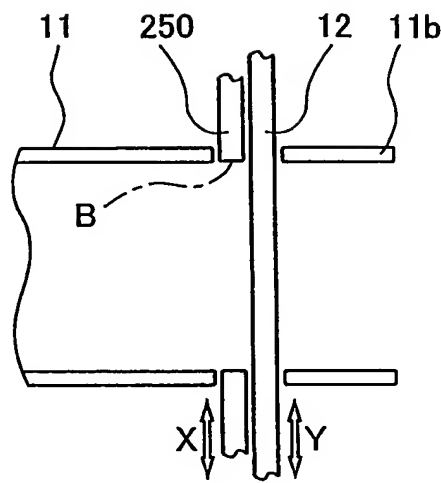


図 2 4 B

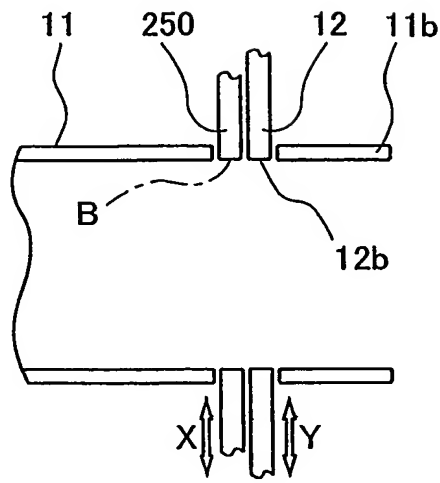




図25A

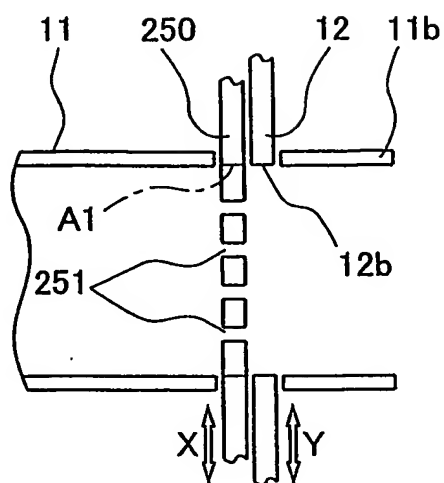


図25B

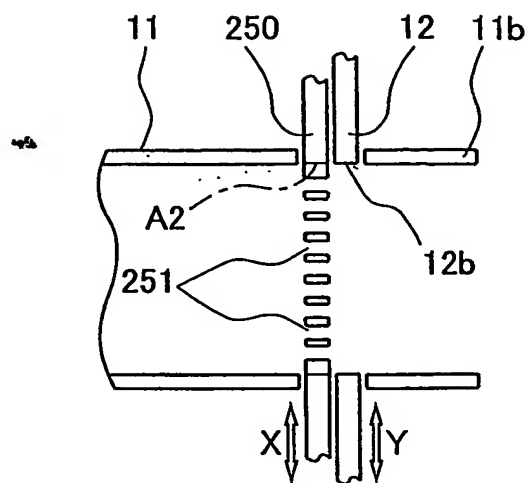


図26

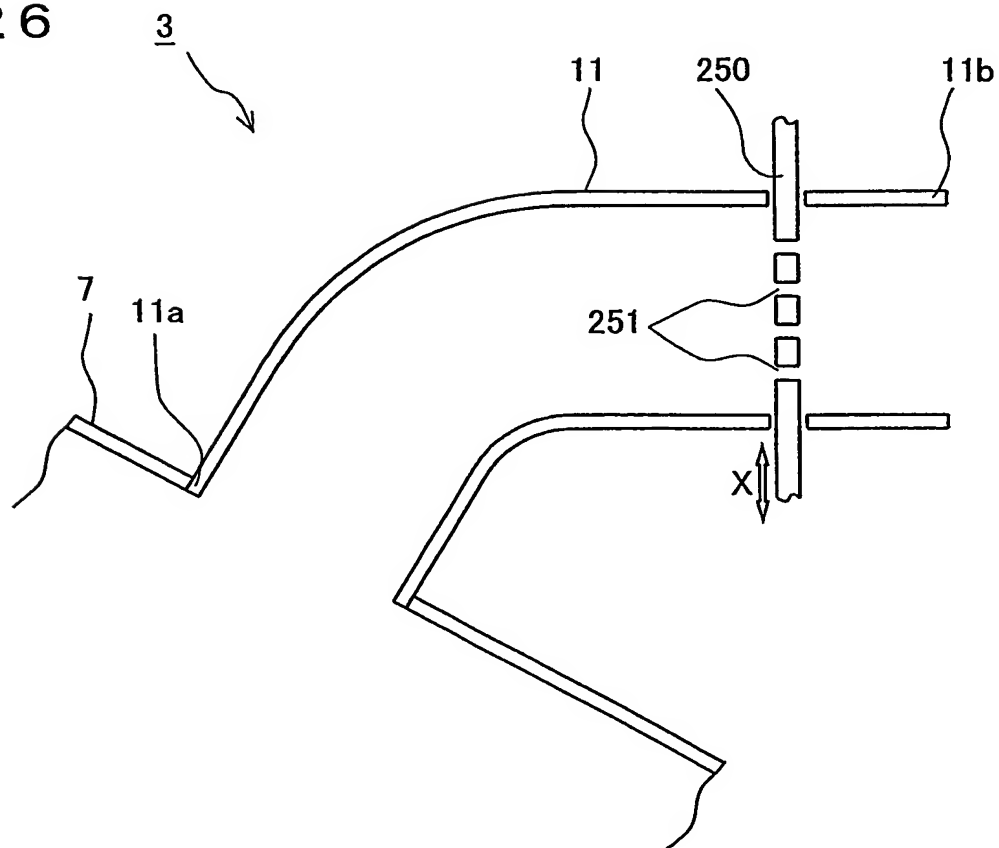


図 27

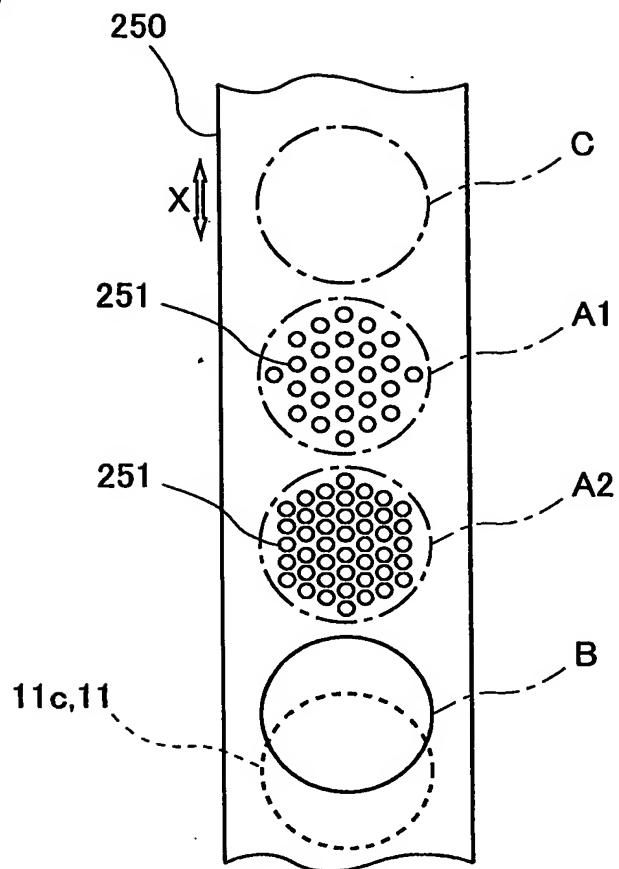


図 28

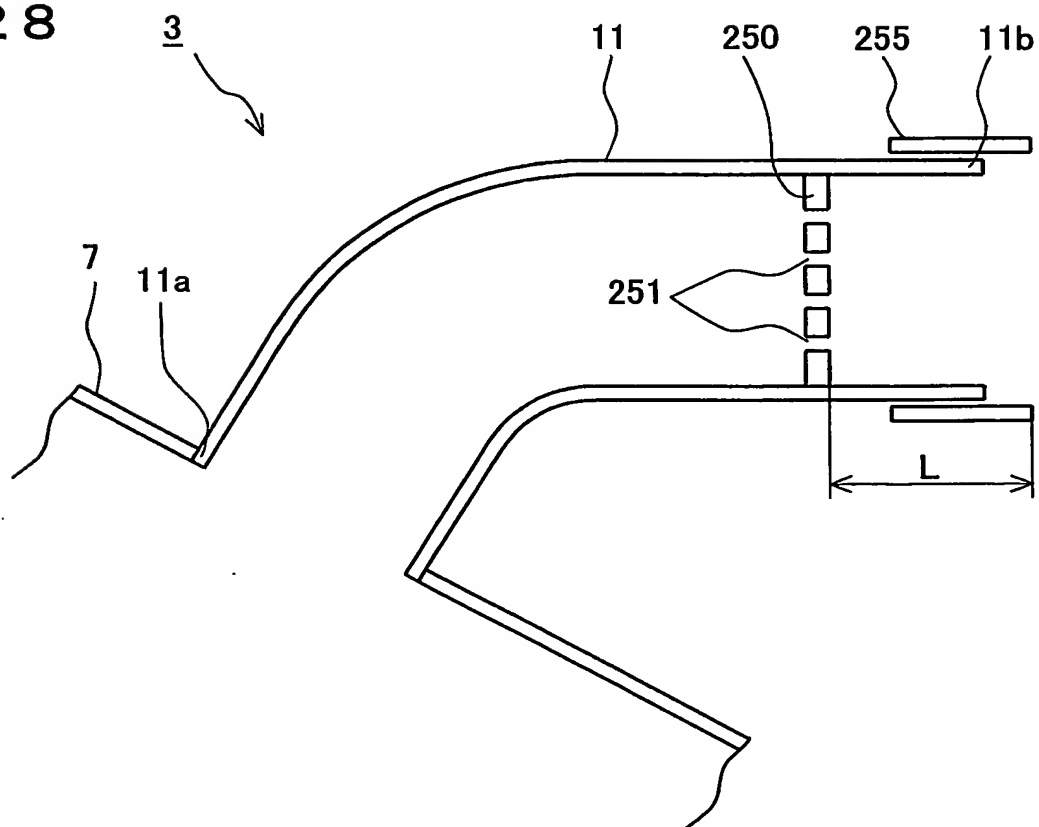


図29

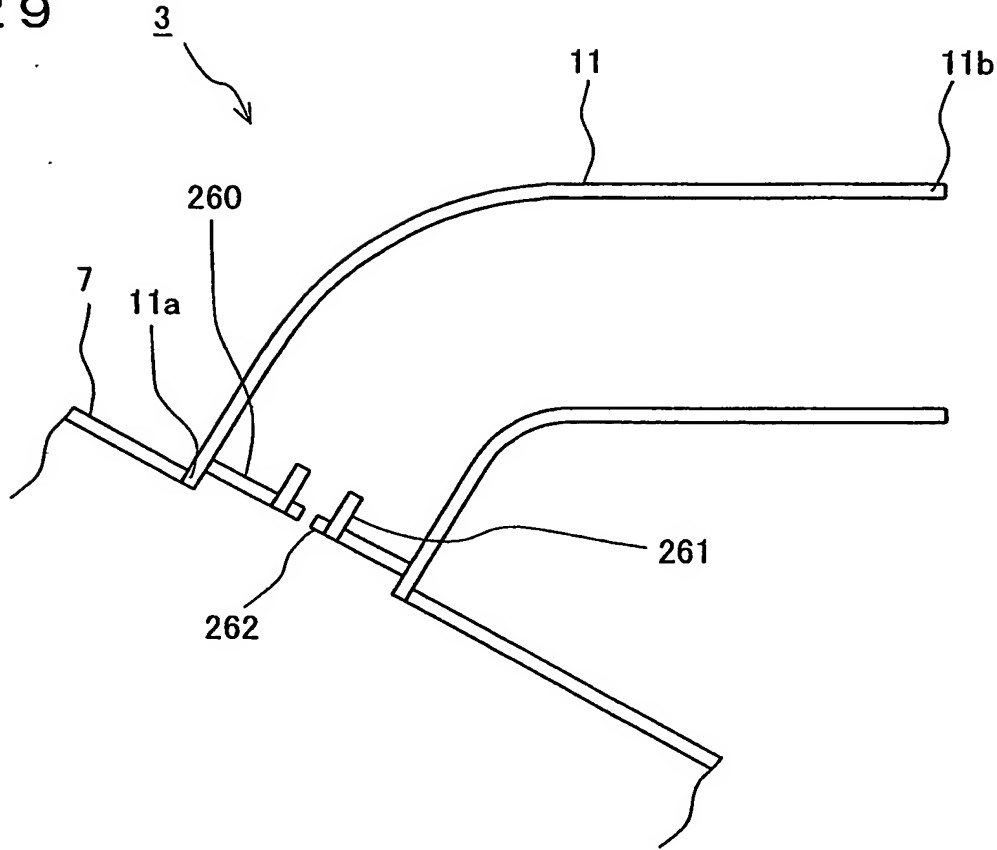


図30

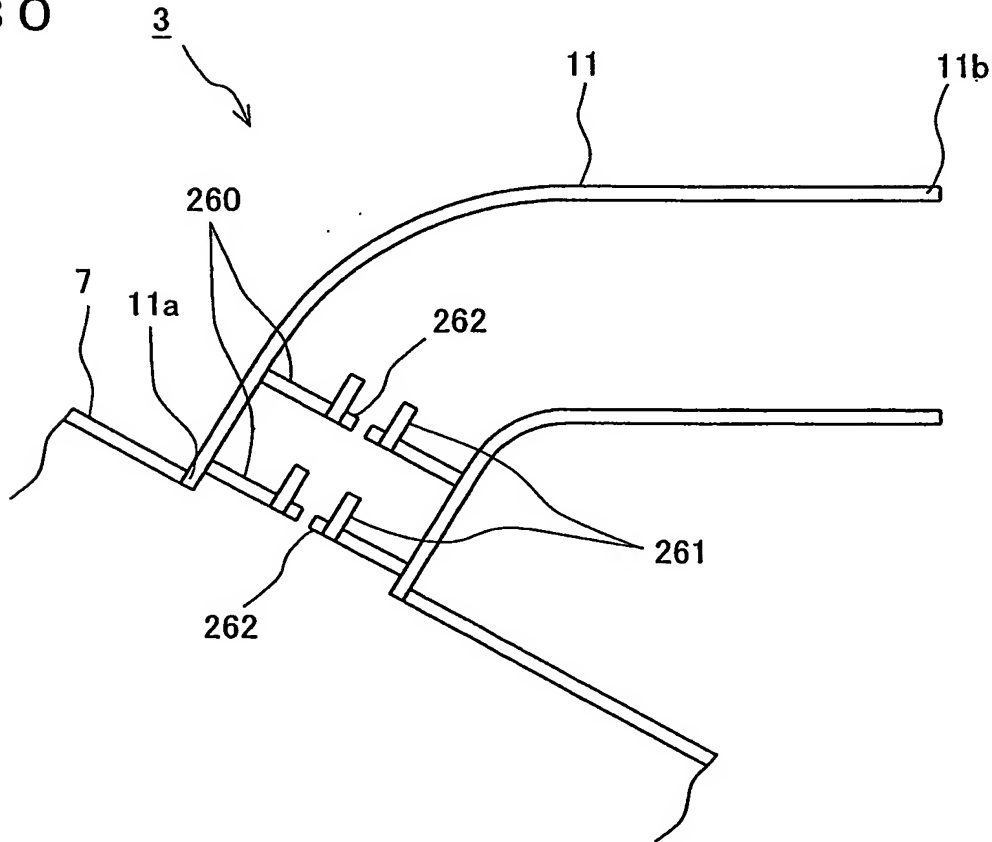


図 3 1

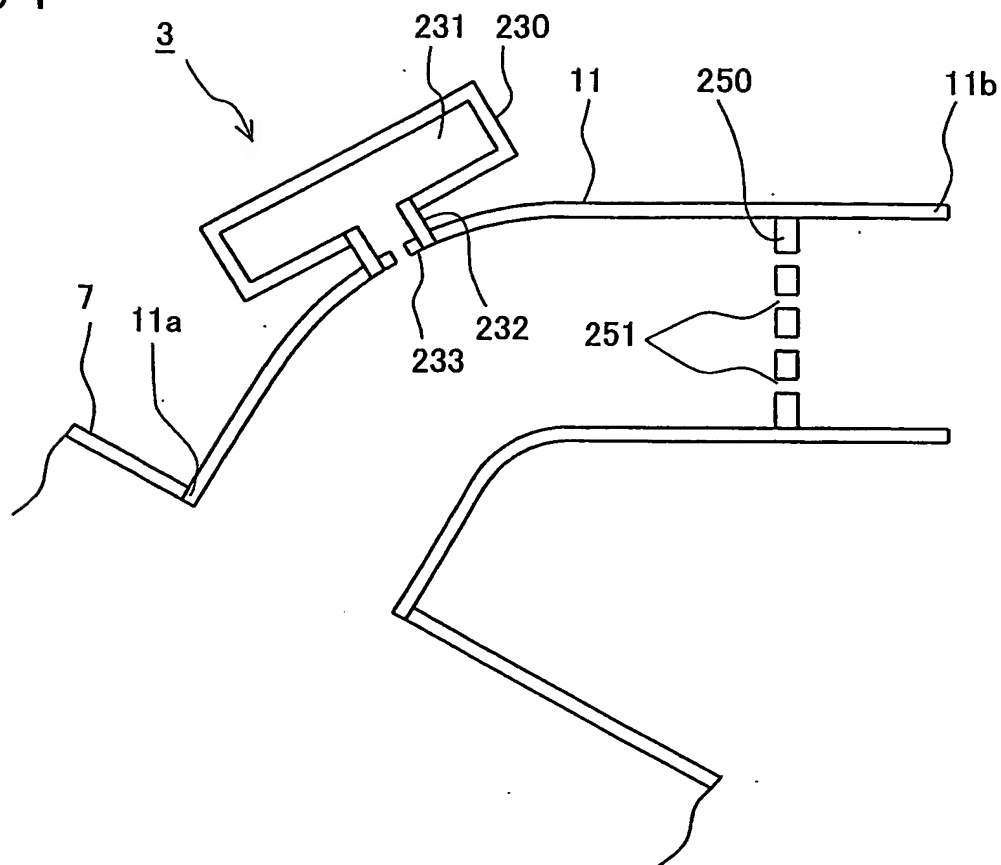


図 3 2

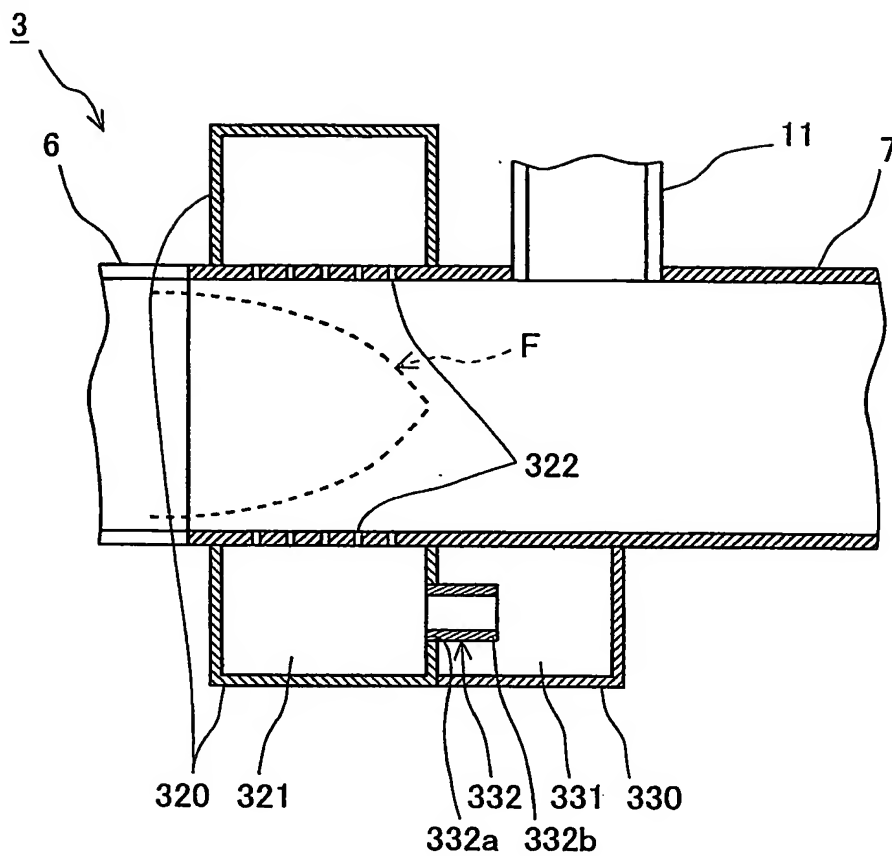


図 3 3

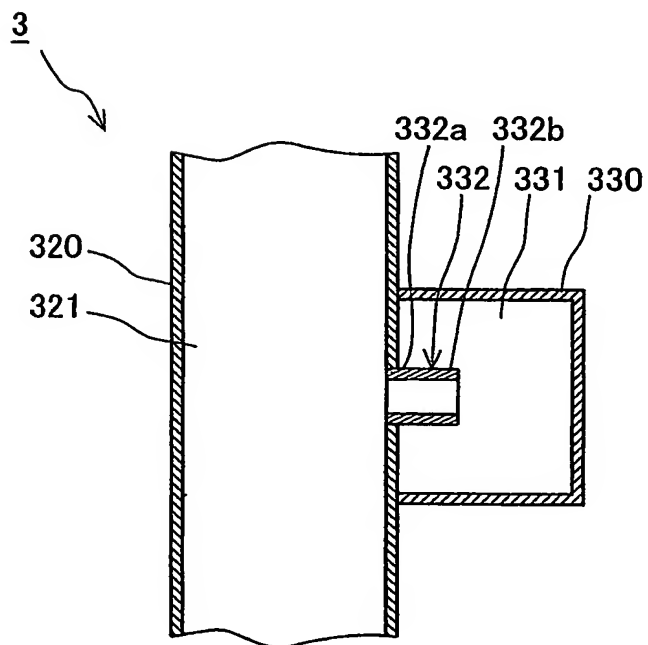


図34

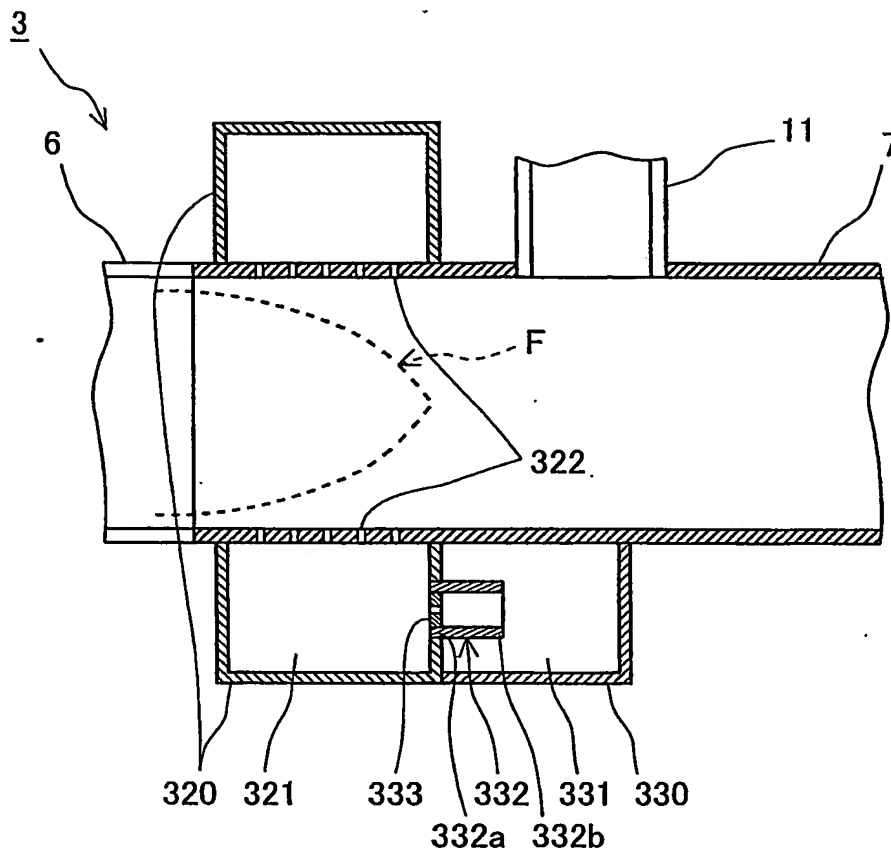


図35

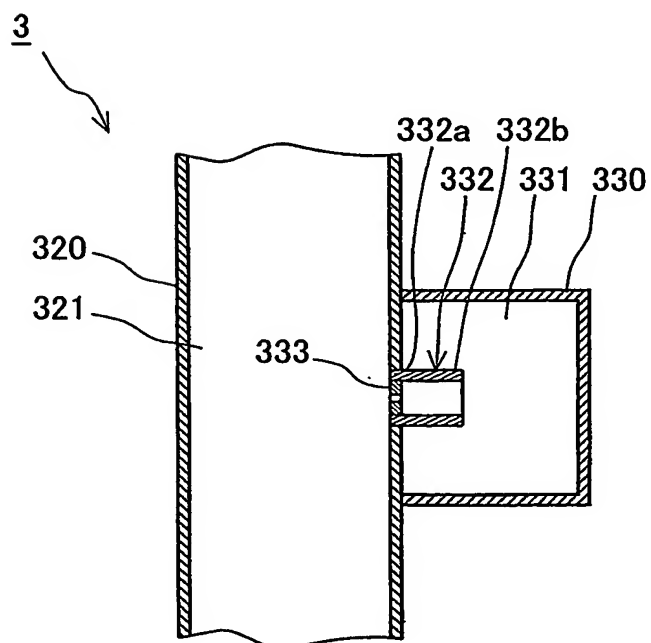


図 36

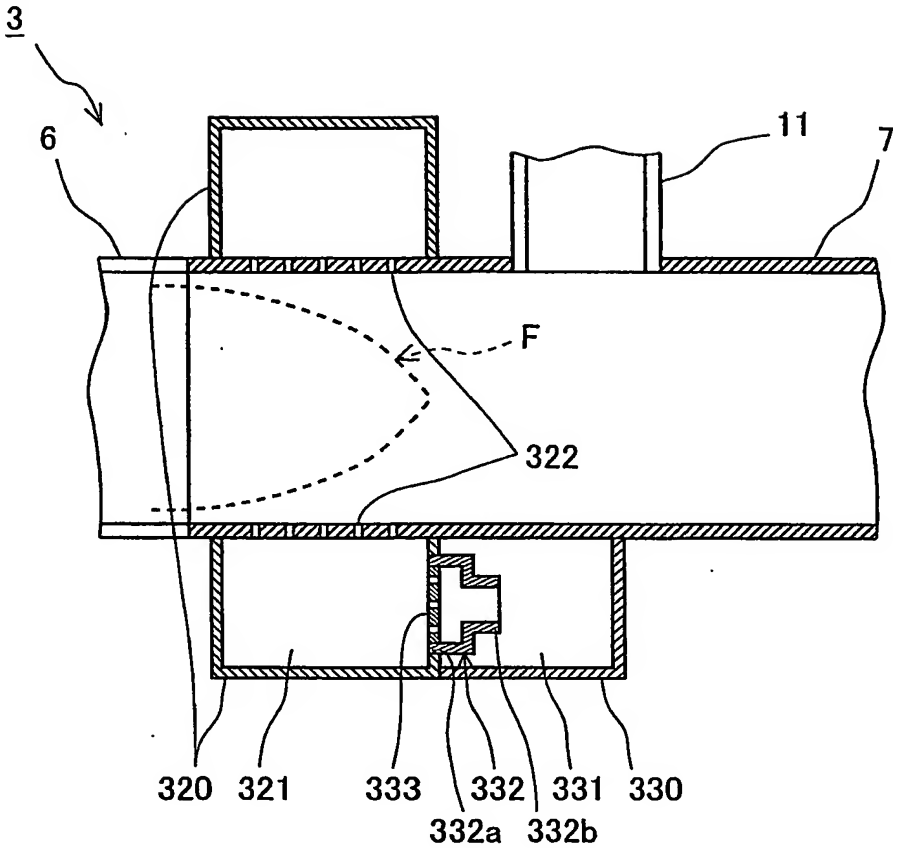


図 37

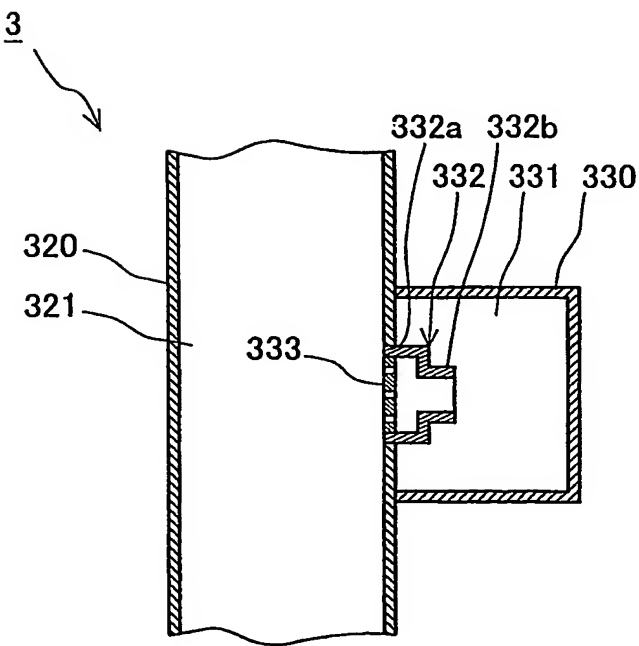


図 38

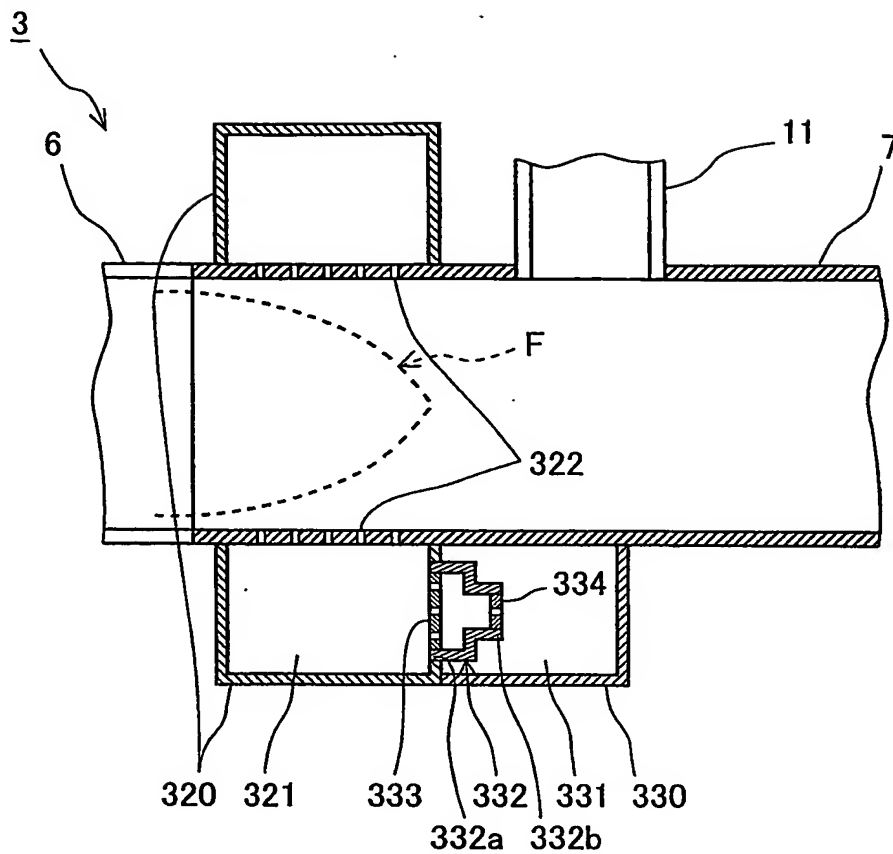


図 39

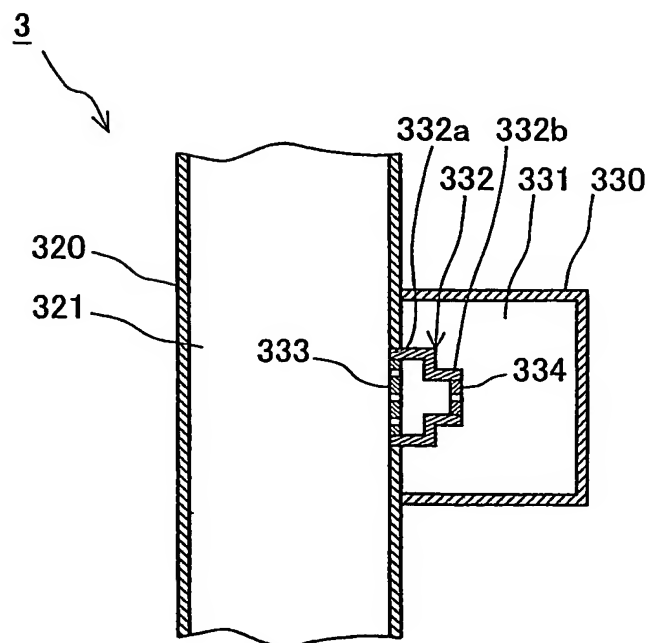




図 4 0

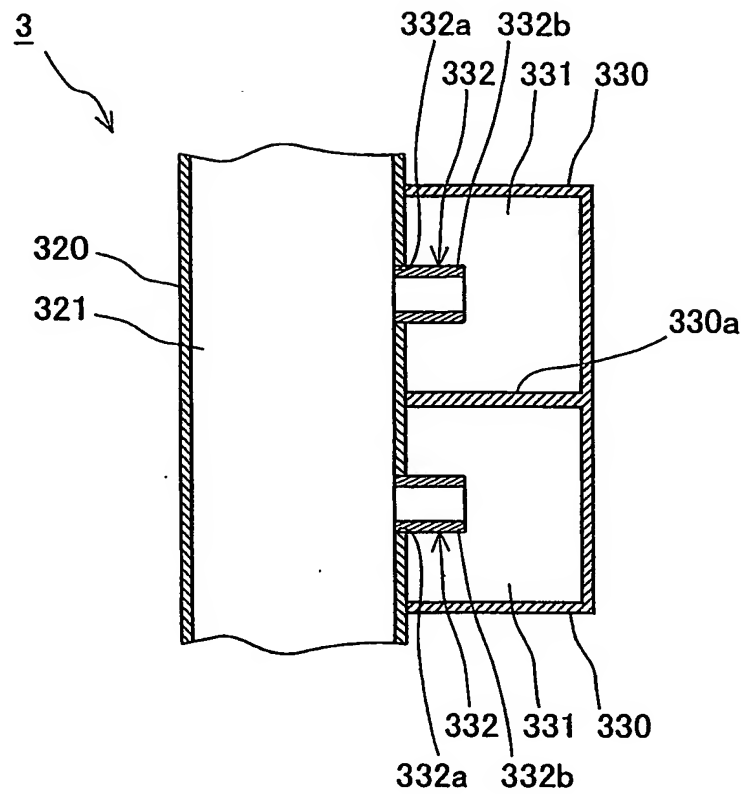


図 4 1

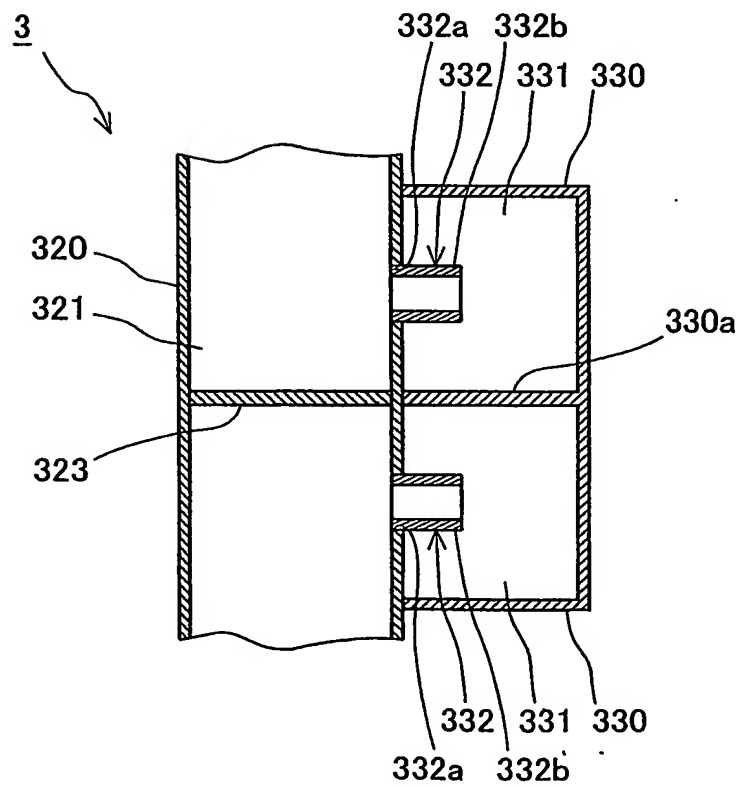


図 4 2

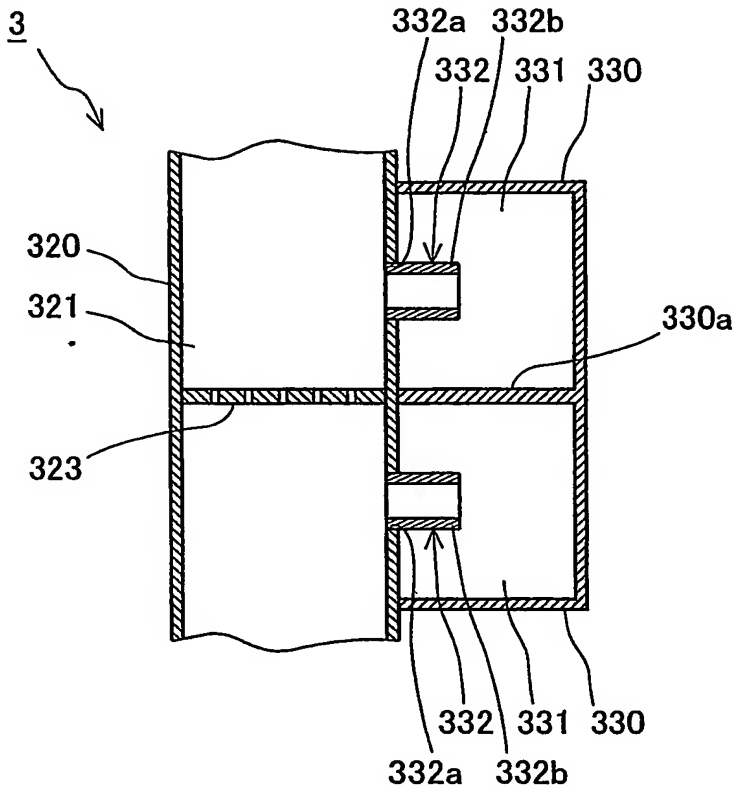


図 4 3

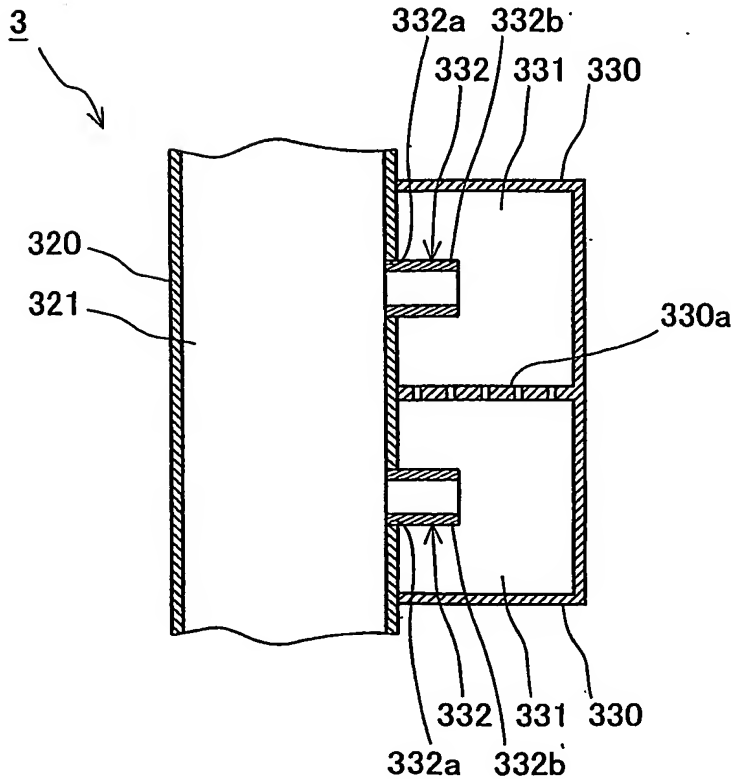


図 4 4

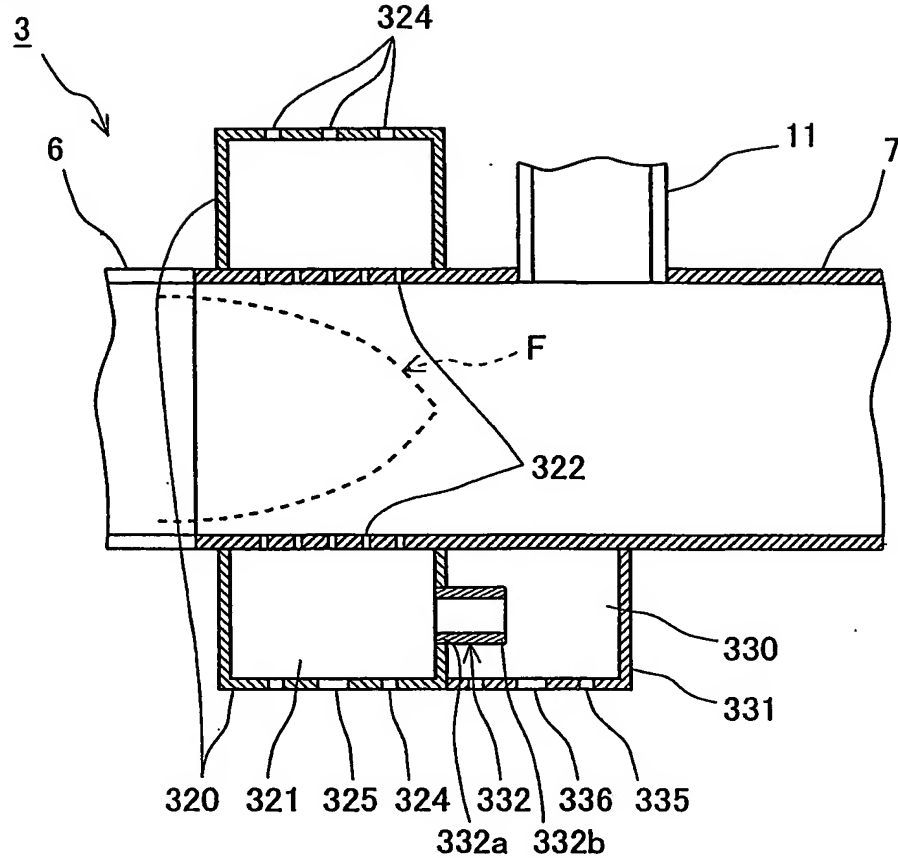


图 45

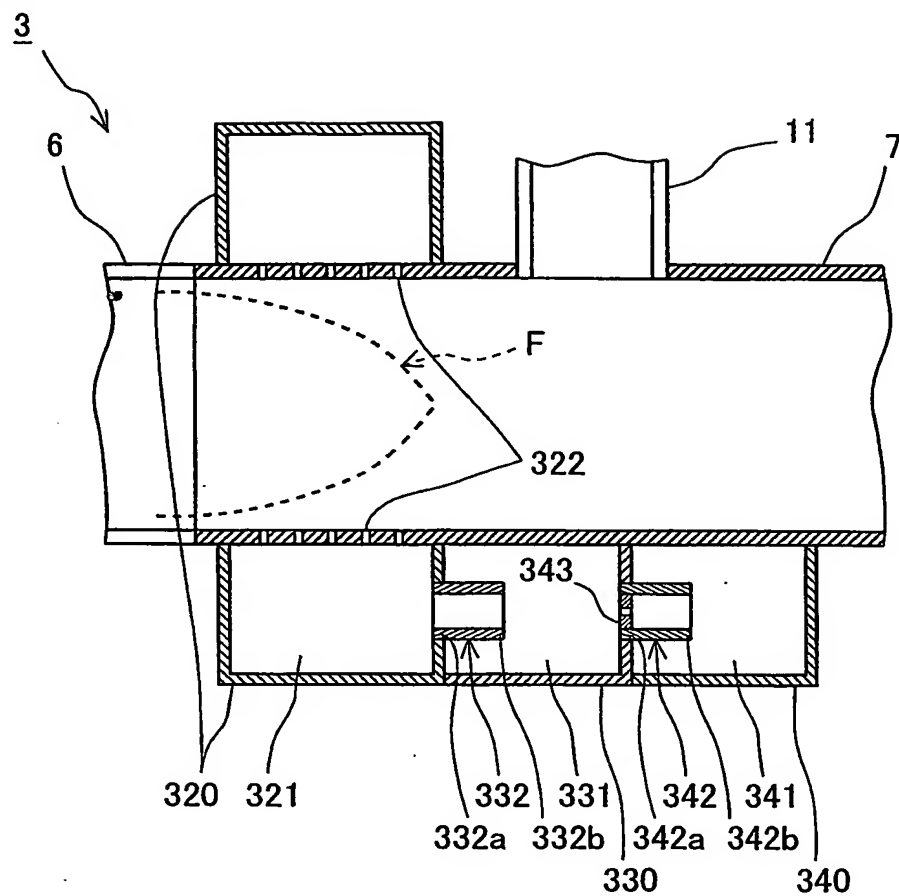


图 4 6

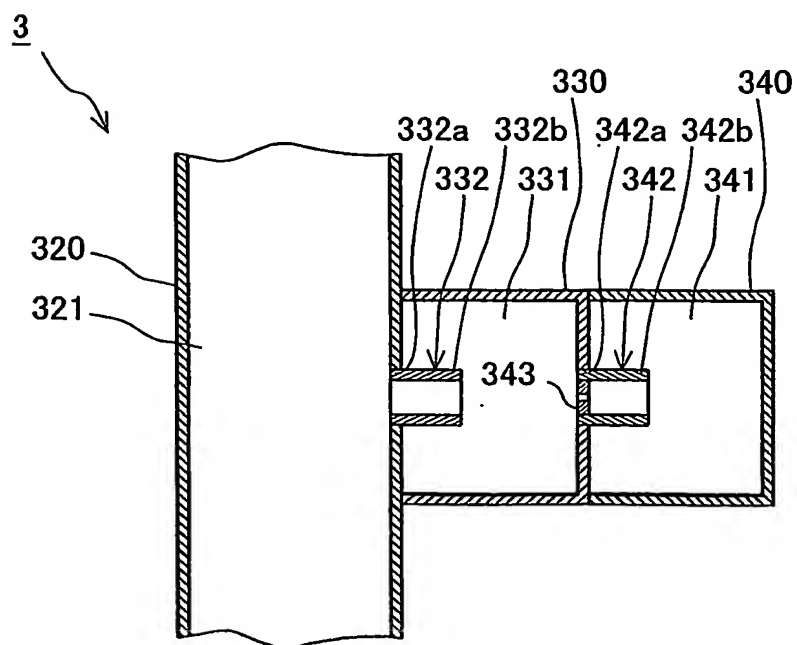


図47

